



Tavola vibrante

modello TVL\_VBR.2 20 maggio 2016

... per una iniziale informazione didattica



**Lucca, 18 febbraio 2017**  
**IL RISCHIO SISMICO NELL'EDILIZIA**  
**DAL RISCHIO ALLA PREVENZIONE**

...per una iniziale informazione didattica

**Rete RESISM**  
**Accenni a comportamenti dinamici**  
**Prime valutazioni su recenti terremoti**

**Giovanni Manieri**  
*collaboratore volontario*  
*Rete RESISM*

**Alessandro Del Tozzotto**  
*docente I.T.G. «L. Nottolini»*  
**LUCCA**



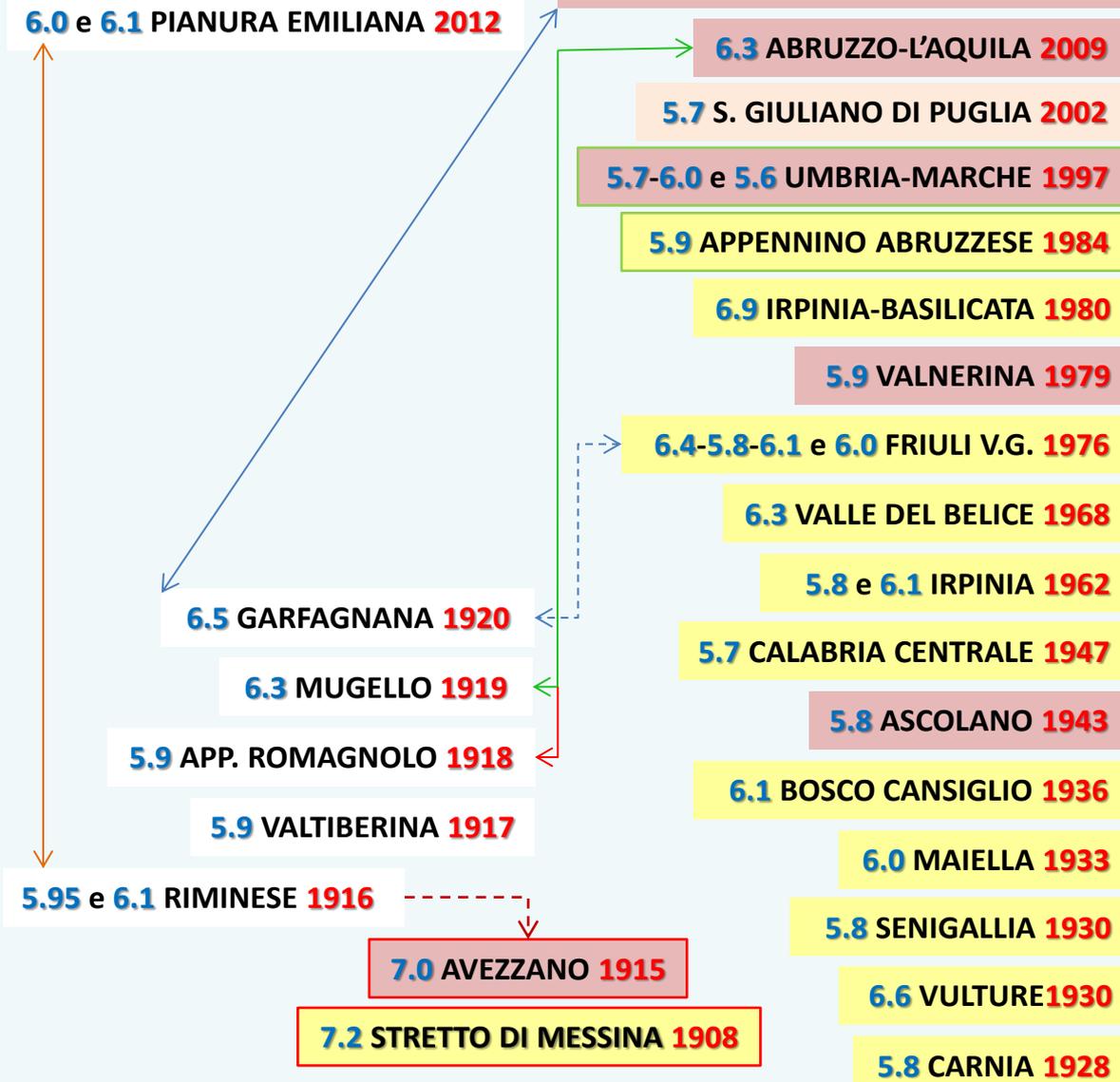
## Valenza interregionale della Rete

motivata dai terremoti più significativi ( $M_w > 5.5$ )  
accaduti anche solo negli ultimi 100 anni

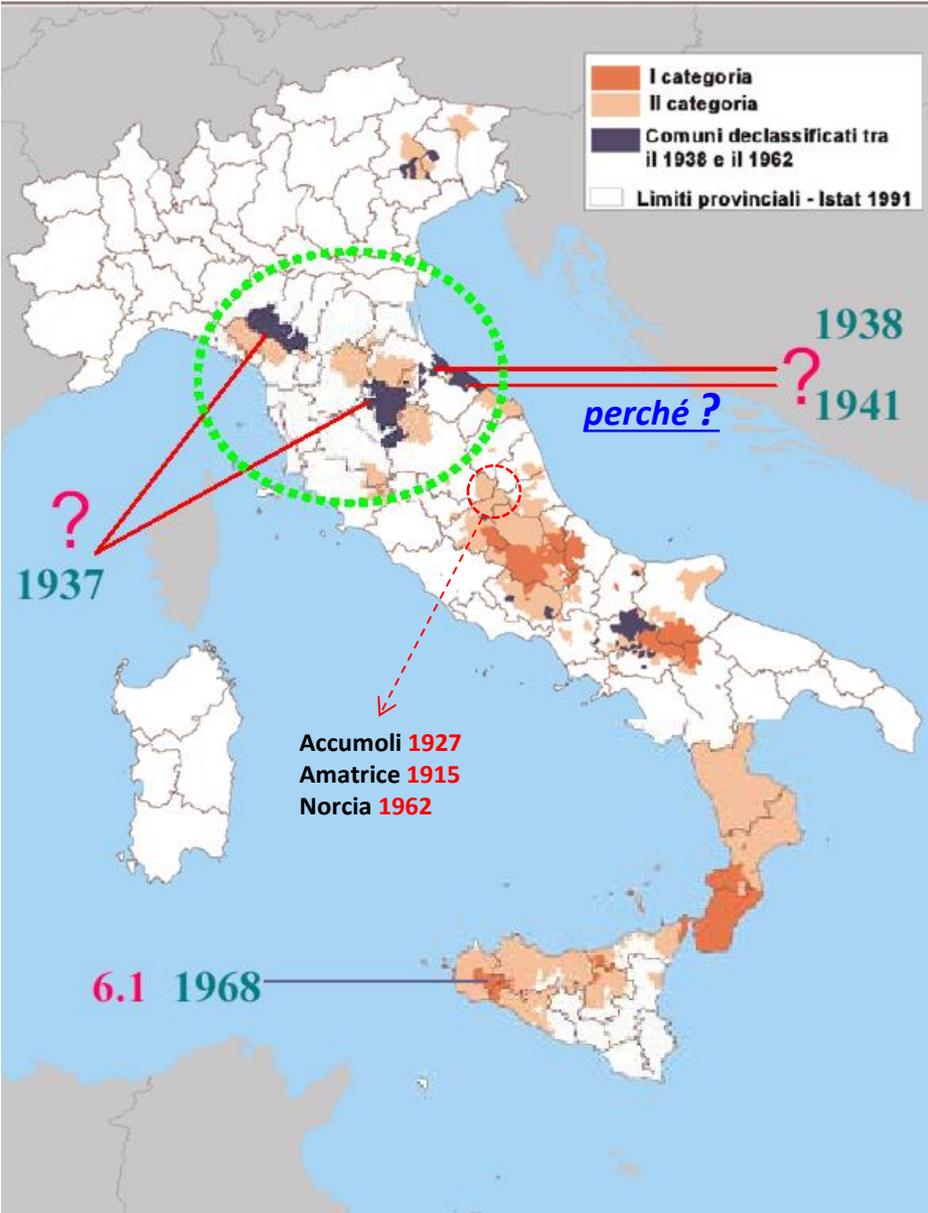


Il **primo obiettivo** è quello di favorire lo scambio di esperienze e la circolazione di buone pratiche progettate all'interno degli Istituti aderenti, **compresa la produzione di materiale didattico e laboratoriale ...**

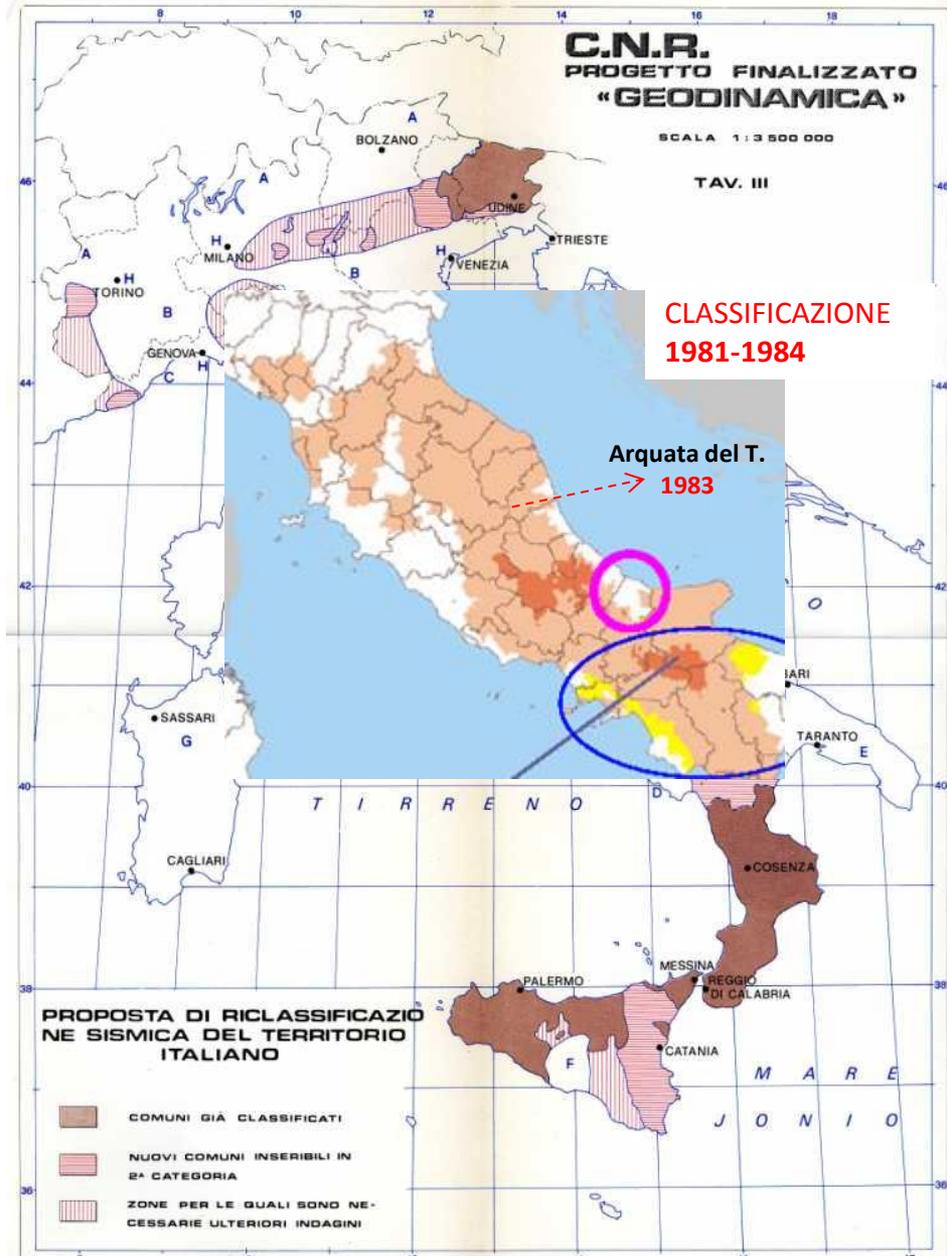
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>



# La classificazione alla fine del 1975 con validità estesa fino al 1981÷1984



# La proposta P.F.G. – C.N.R. 1981



## ... Abruzzo 2009; Emilia 2012; Appennino Centrale 2016... **e poi?**

*Una domanda inquietante ... **MA REALISTICA***

1. [...] tutte le zone di alta sismicità del nostro paese sono già oggi da considerare in condizioni di emergenza;
2. i tempi disponibili per mettere in atto provvedimenti di difesa in tali zone sono dello stesso ordine di grandezza di quelli necessari per la ricostruzione delle zone colpite dall'ultimo terremoto.

*Questo è l'insegnamento che deriva dalla storia sismica della penisola! Il problema deve dunque essere affrontato in termini generali. [...]*

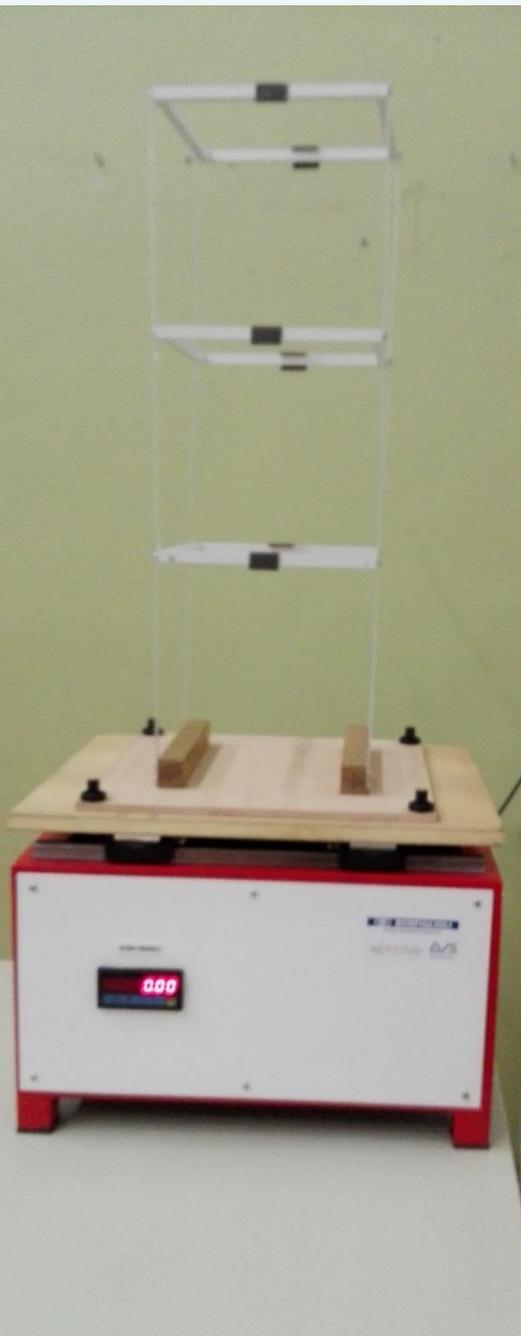
*[...] Nella prospettiva di un intervento generalizzato, poiché non è pensabile di provvedere in tempi brevi all'adeguamento antisismico delle costruzioni esistenti in tutte le zone di alta sismicità, si tratta in ogni caso di una corsa contro il tempo, con **interventi guidati da accurati studi per la scelta delle priorità**. Gli interventi si riveleranno certamente, prima o poi, utili; potrebbero risultare preziosi anche in tempi non molto lontani.*

*Sarà comunque indispensabile che **il Paese**, a tutti i livelli, dalla classe politica, alle forze sociali, agli organi di informazione, ai singoli cittadini **prenda definitivamente coscienza che i terremoti sono una componente costante della vita nazionale**, facendo crescere la consapevolezza che **è possibile, purché lo si voglia, difendersi dai terremoti**, pur nella contestuale precisazione che non sono possibili interventi miracolistici, in quanto non si ribaltano in pochi anni secoli di arretratezza e di abbandono. [...]*

Fraasi estratte da un documento (**gennaio 1981**) del "Progetto Finalizzato Geodinamica" del C.N.R.

**Giuseppe Grandori**

(Professore Emerito di Scienza delle Costruzioni - Politecnico di Milano)



## TAVOLA VIBRANTE ...

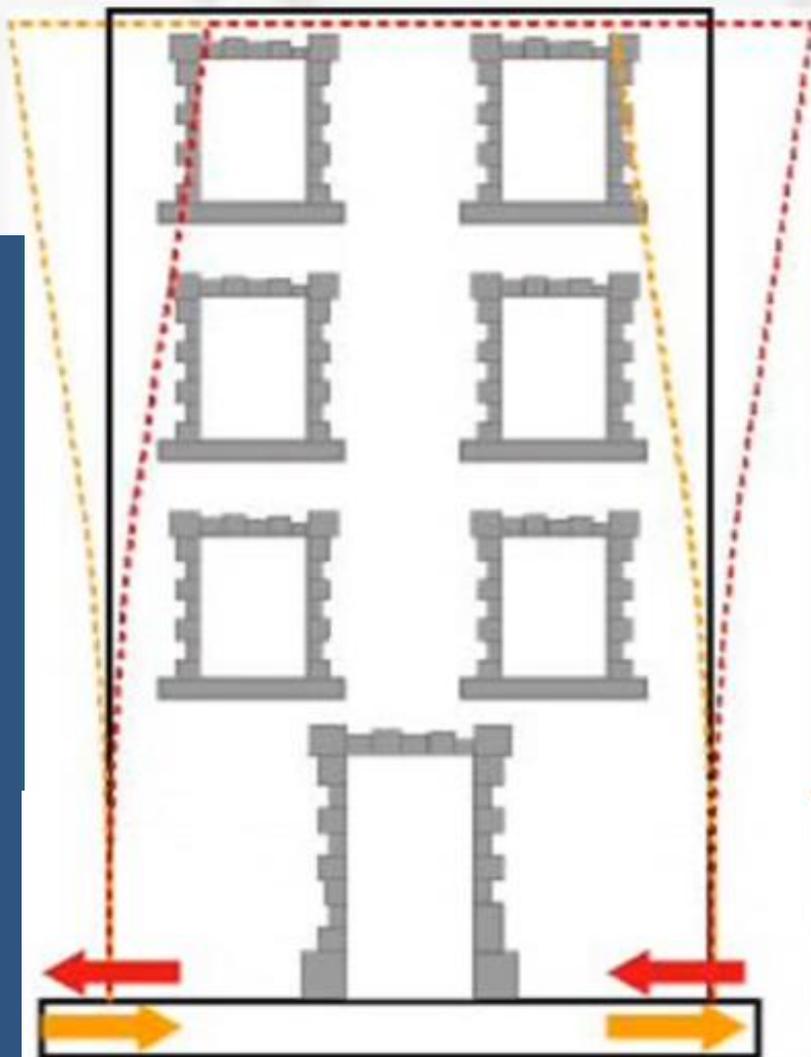
### *...per una iniziale informazione didattica*

Il terremoto, quale evento naturale, raro ma probabile nell'arco di vita di una costruzione, si evidenzia con improvviso e alternato movimento del terreno (per una durata, a volte di pochi secondi, in genere non superiore al minuto) e, quindi, con conseguenti brusche accelerazioni che fanno nascere forze d'inerzia sulle masse presenti ai vari piani (solai) e lungo l'altezza (muri, colonne, etc.) di una costruzione.

Le sollecitazioni e gli spostamenti provocati sulla struttura di una costruzione sono influenzati dalle caratteristiche della stessa struttura; vale a dire che è la "risposta" della struttura (ai movimenti impressi alla sua base) a definire l'entità e qualità dell'azione sismica e gli eventuali conseguenti danni.

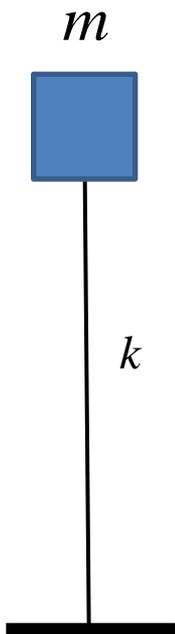
*Titolo e prime due frasi del documento CTS  
revisionato allora dal compianto Prof. Piero POZZATI*

# Cosa accade agli edifici durante il terremoto?



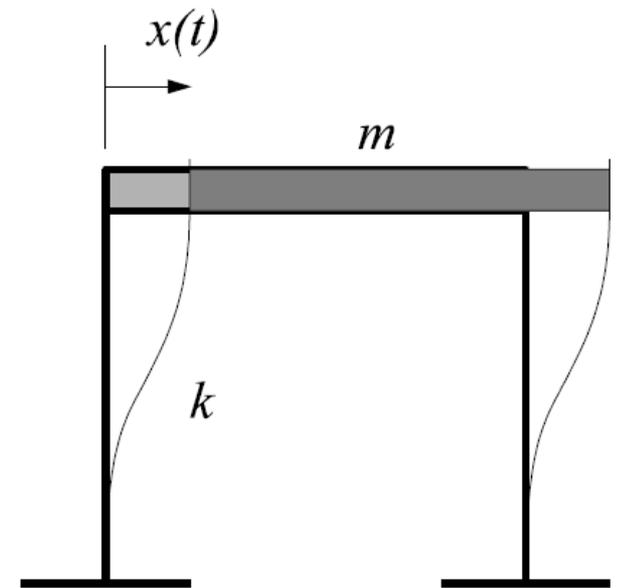
## Moto **ondulatorio**

Le fondazioni, quando vengono raggiunte dalle onde sismiche, le trasmettono alla sovrastruttura provocando l'oscillazione dell'edificio. In tale moto alternato la struttura subisce **forze di inerzia** proporzionali alle masse e quindi ai pesi dell'edificio. Il moto (e cioè la **risposta**) è regolato dalla **rigidezza** e dalla **massa** dell'edificio.



**Oscillatori semplici** a un grado di libertà, caratterizzati dagli unici parametri:  
 $m$  – massa del solaio (o impalcato)  
 $k$  – rigidezza alla traslazione dei/l pilastri/o

**F – E – D**

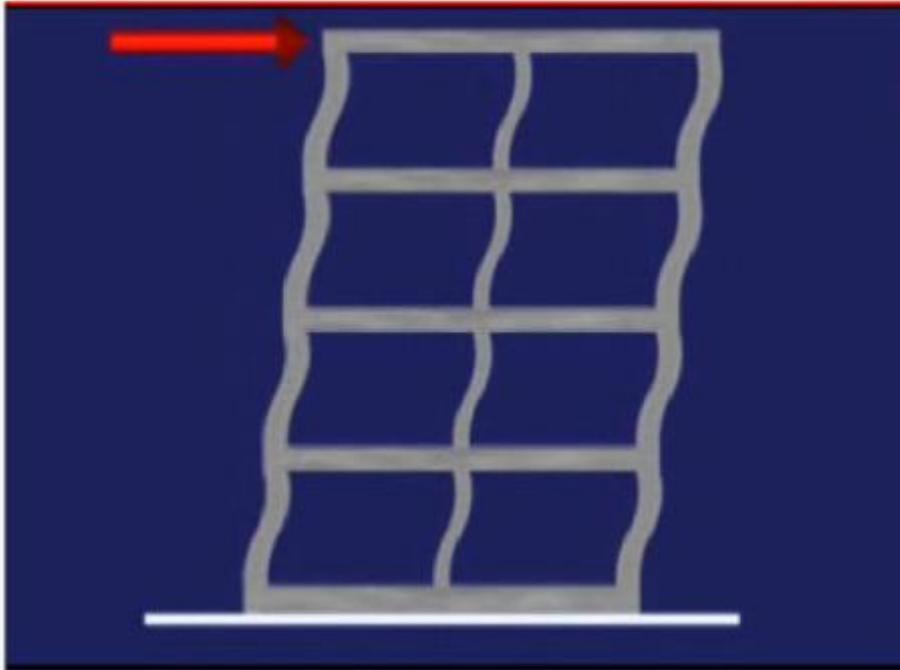


**C – B – A**

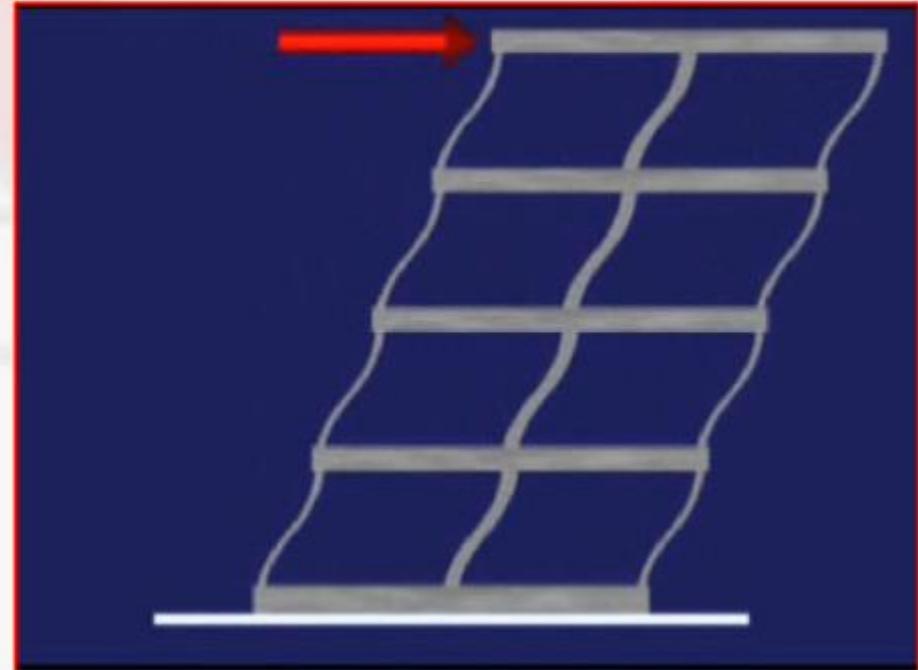
**L'oscillatore ha un suo modo naturale di vibrare** detto anche **modo proprio**. Una oscillazione intera (andata e ritorno) si compie in un tempo  $T_1$  chiamato *periodo* (s). *L'inverso del periodo  $f_1$  si chiama frequenza* (Hz).

## PIU' RIGIDO

*Una struttura è più rigida di un'altra quando, a parità di forza applicata, si deforma in misura minore*



## MENO RIGIDO

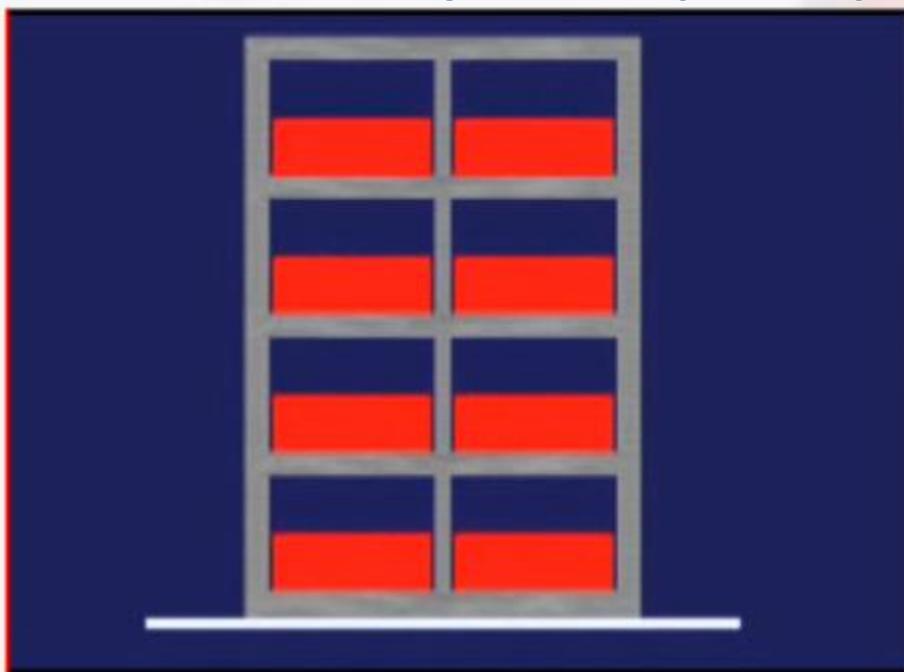


La frequenza di oscillazione della struttura (costruzione) aumenta con la sua rigidezza

## CON PIU' MASSA

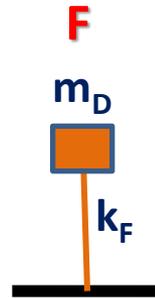
## CON MENO MASSA

*Il terremoto genera accelerazioni che inducono forze tanto più alte quanto maggiore è la massa*

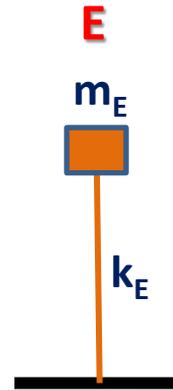


La frequenza di oscillazione della struttura (costruzione) diminuisce all'aumentare della massa dell'edificio

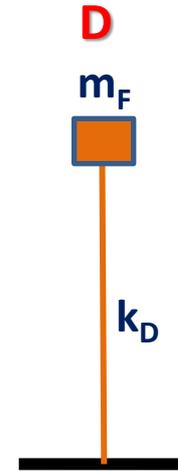
# Configurazioni strutturali regolari (1 G.d.L.)



**F**  
 $m_D$   
 $k_F$   
**3,55**  
**0,28**



**E**  
 $m_E$   
 $k_E$   
**2,10**  
**0,48**



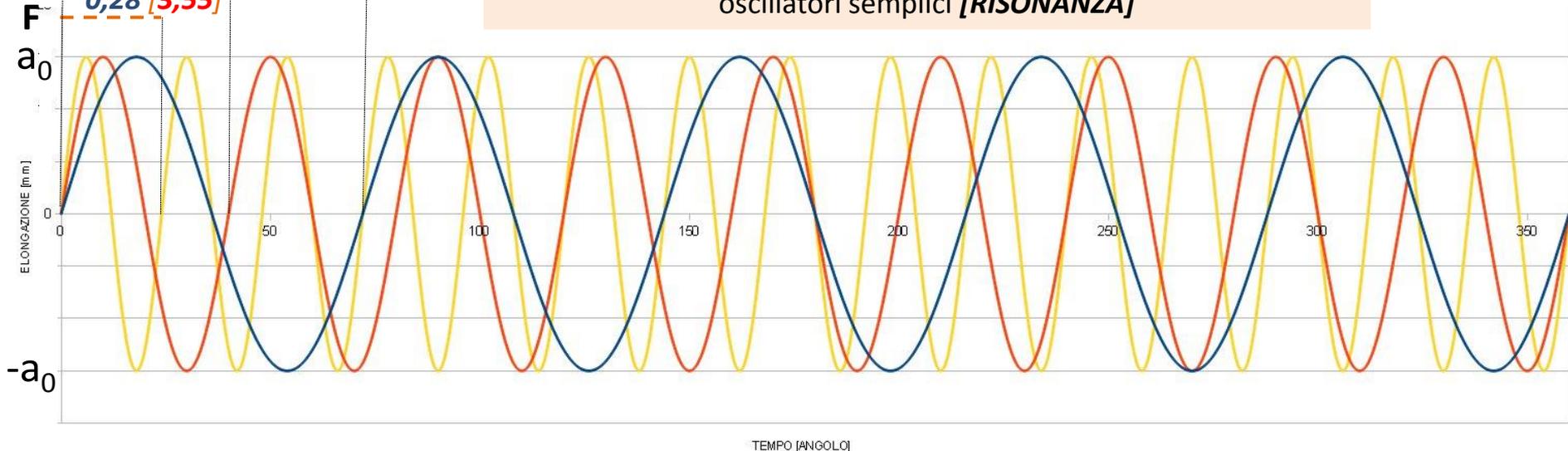
**D**  
 $m_F$   
 $k_D$   
**1,17**  
**0,86**

$T_1 = 1/f_1$

$f_1$ (Hz)	$T_1$ (s)
------------	-----------

**D**  $T_1^D = 0,86$  s [ $f_1^D = 1,17$  Hz]  
**E**  $0,48$  [ $2,10$ ]  
**F**  $0,28$  [ $3,55$ ]

Tre *moti sinusoidali* (detti anche *moti armonici elementari*) con identica ampiezza e *periodi* corrispondenti ai *periodi propri* dei tre oscillatori semplici **[RISONANZA]**



## Esperienza n. 2

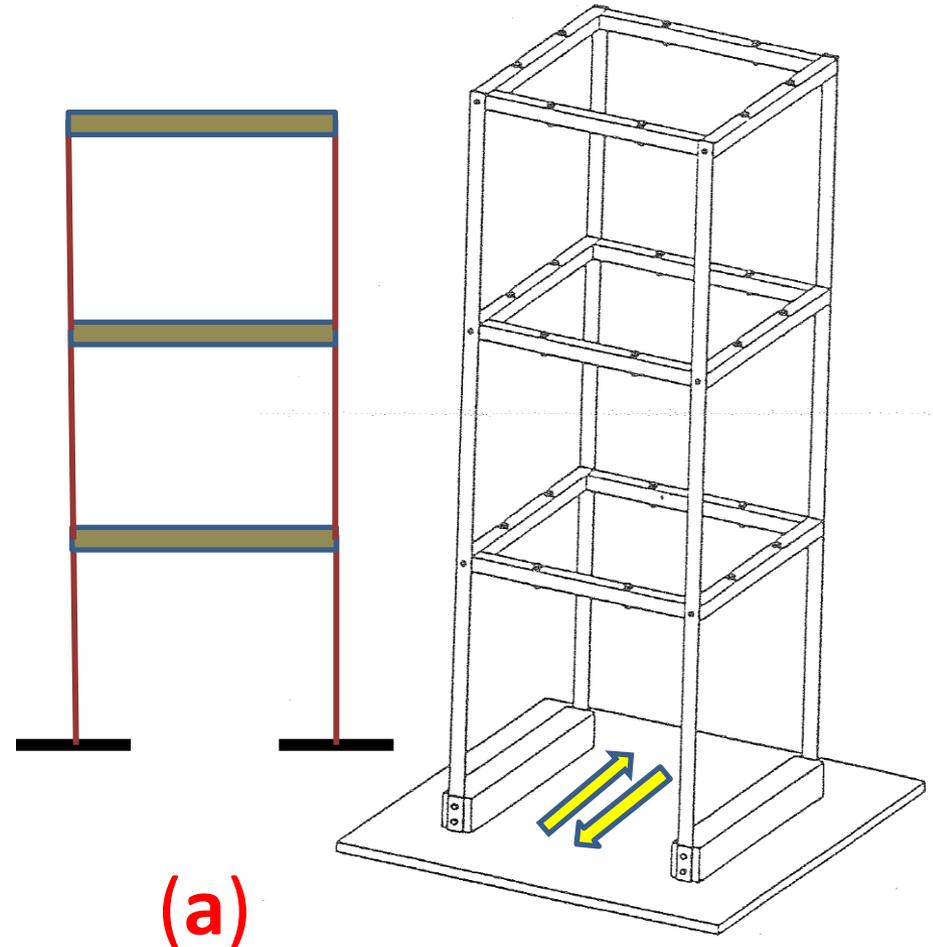


### Configurazione

*strutturale regolare* per distribuzione di masse e rigidzze

*L'oscillazione avviene in una sola direzione predeterminata e quindi sono possibili solo i tre spostamenti indipendenti dei tre solai:*

*(tre gradi di libertà - **3** GdL)*

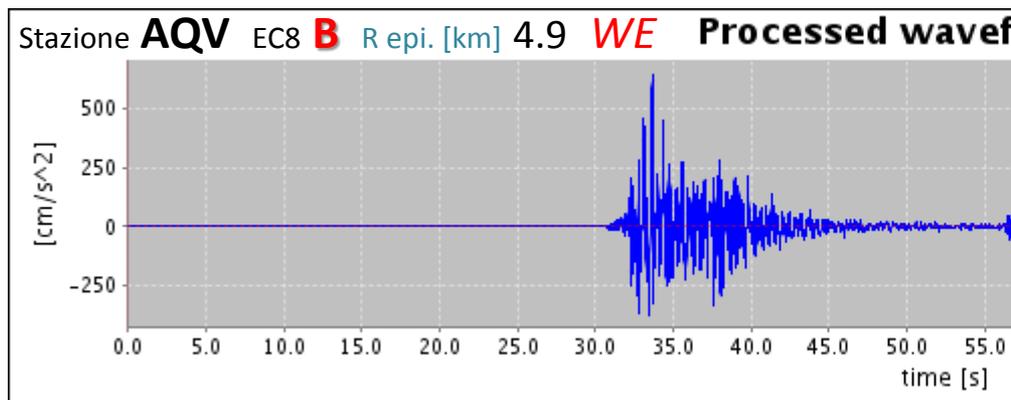


(a)

In particolare, per il primo dei tre modi di vibrare, c'è un *periodo proprio del 1° modo* (detto anche *periodo fondamentale di vibrazione*)  $T_1$  (s) e, quindi, una corrispondente frequenza  $f_1 = 1/T_1$  (Hz).

ESEMPIO di ACCELEROGRAMMA: **grafico** della accelerazione rispetto al tempo **in un definito punto**, in questo caso della superficie del suolo, nel quale è installato un **accelerometro**.

[L'accelerometro può essere installato anche in un punto di qualsiasi costruzione in esame, ad una certa quota e posizione in pianta, ma l'accelerogramma avrà forma diversa in funzione della «*risposta della struttura*»]



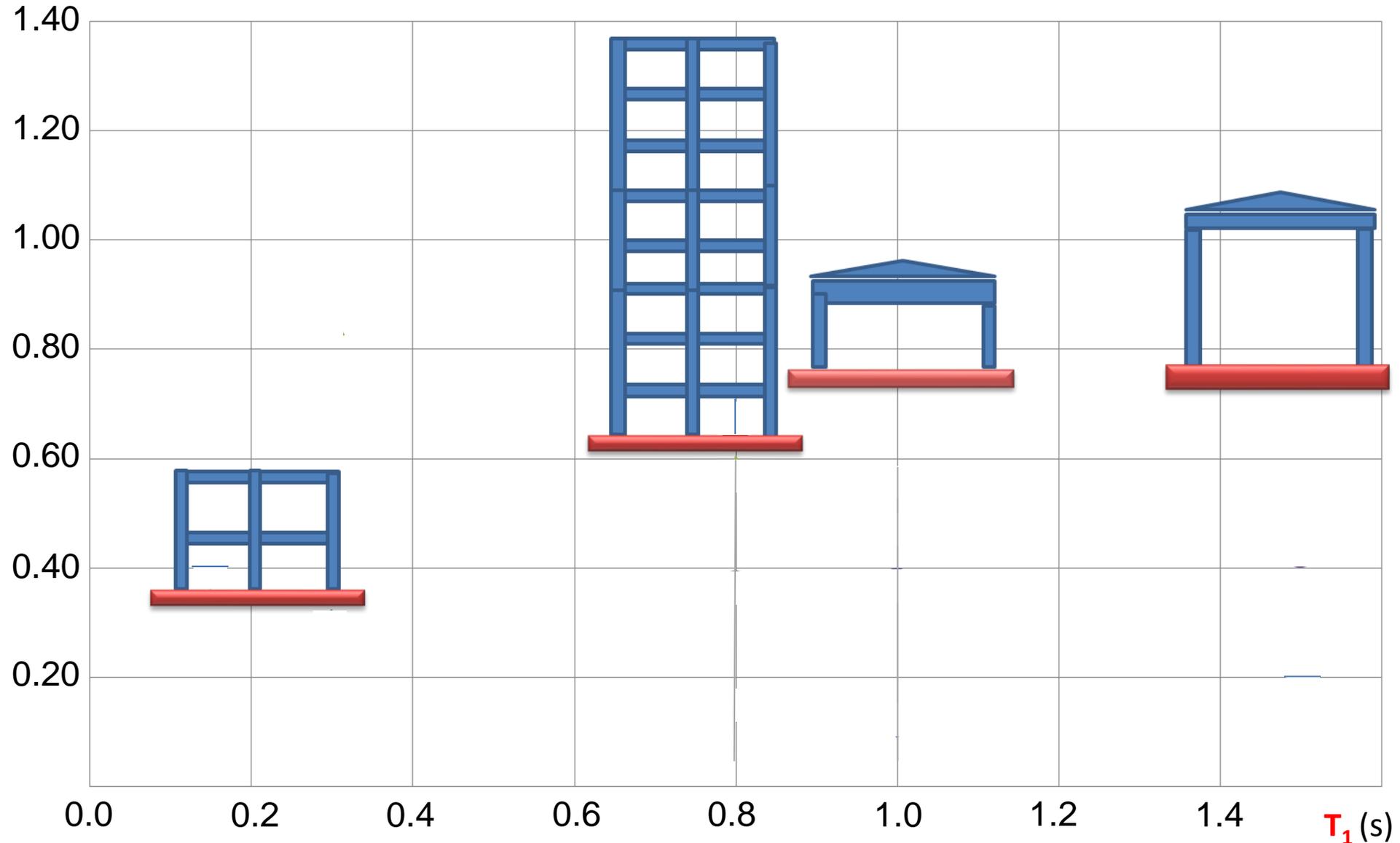
Un qualsiasi ACCELEROGRAMMA, che **evidenzia in genere una variazione** (dell'accelerazione nel tempo) **brusca e apparentemente casuale**, può essere ottenuto come **somma di moltissimi moti armonici elementari con periodi e ampiezze diverse**.

È logico pertanto che **strutture con un periodo proprio  $T_1$  risultino particolarmente sensibili alla componente armonica di periodo uguale o molto vicino a  $T_1$**

[D-V-A]

Sa (g)

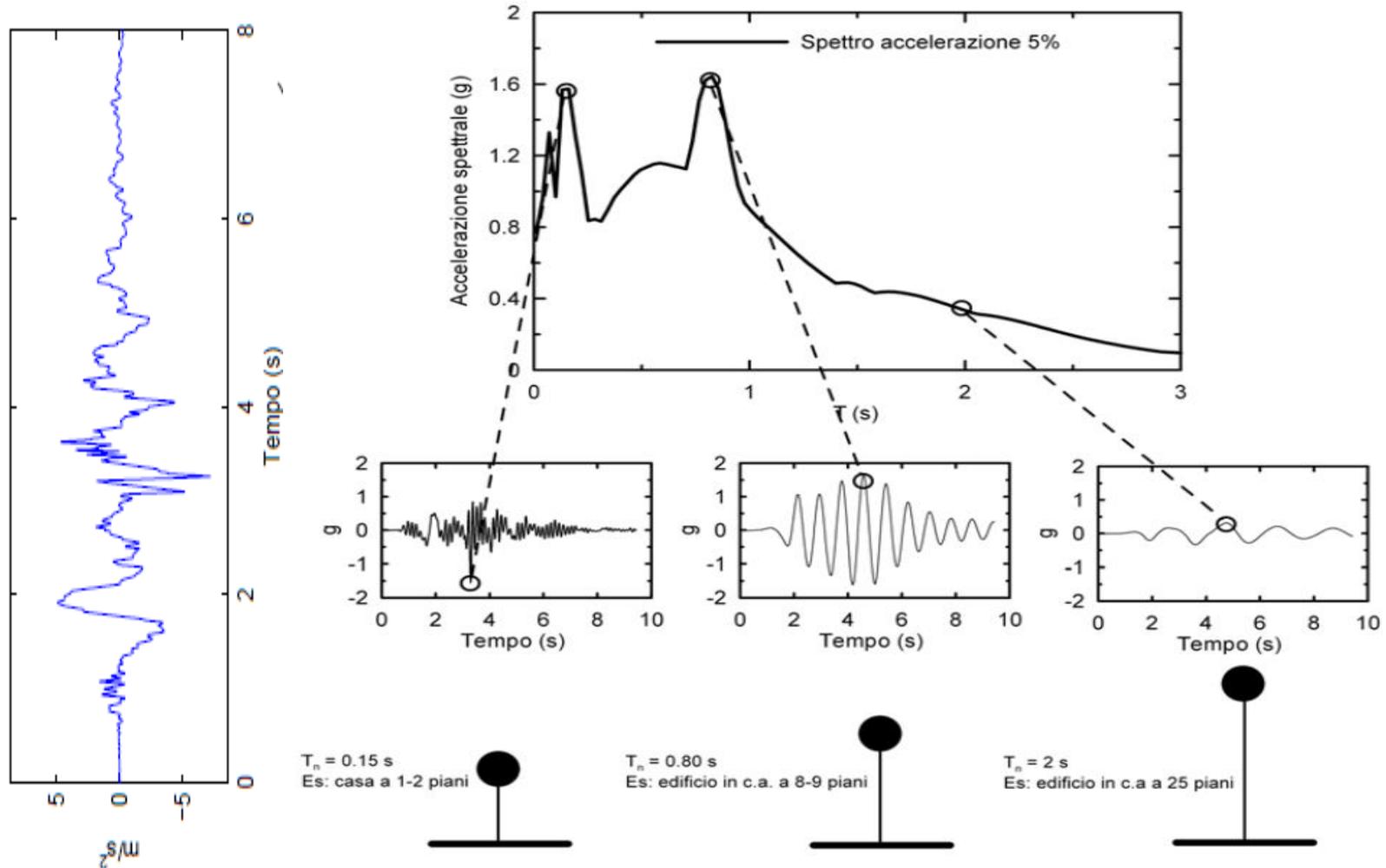
Periodi propri del primo modo [T<sub>1</sub> (s)] di alcuni edifici campione



Esempio di costruzione dello **spettro di risposta** in **accelerazione assoluta** per l'accelerogramma di Gemona (comp. EW)-Repi 6,2 km- registrato con il terremoto del Friuli del 15/09/1976 ore 3.15

Da **GLOSSARIO**  
(sito IT.AC.A.)

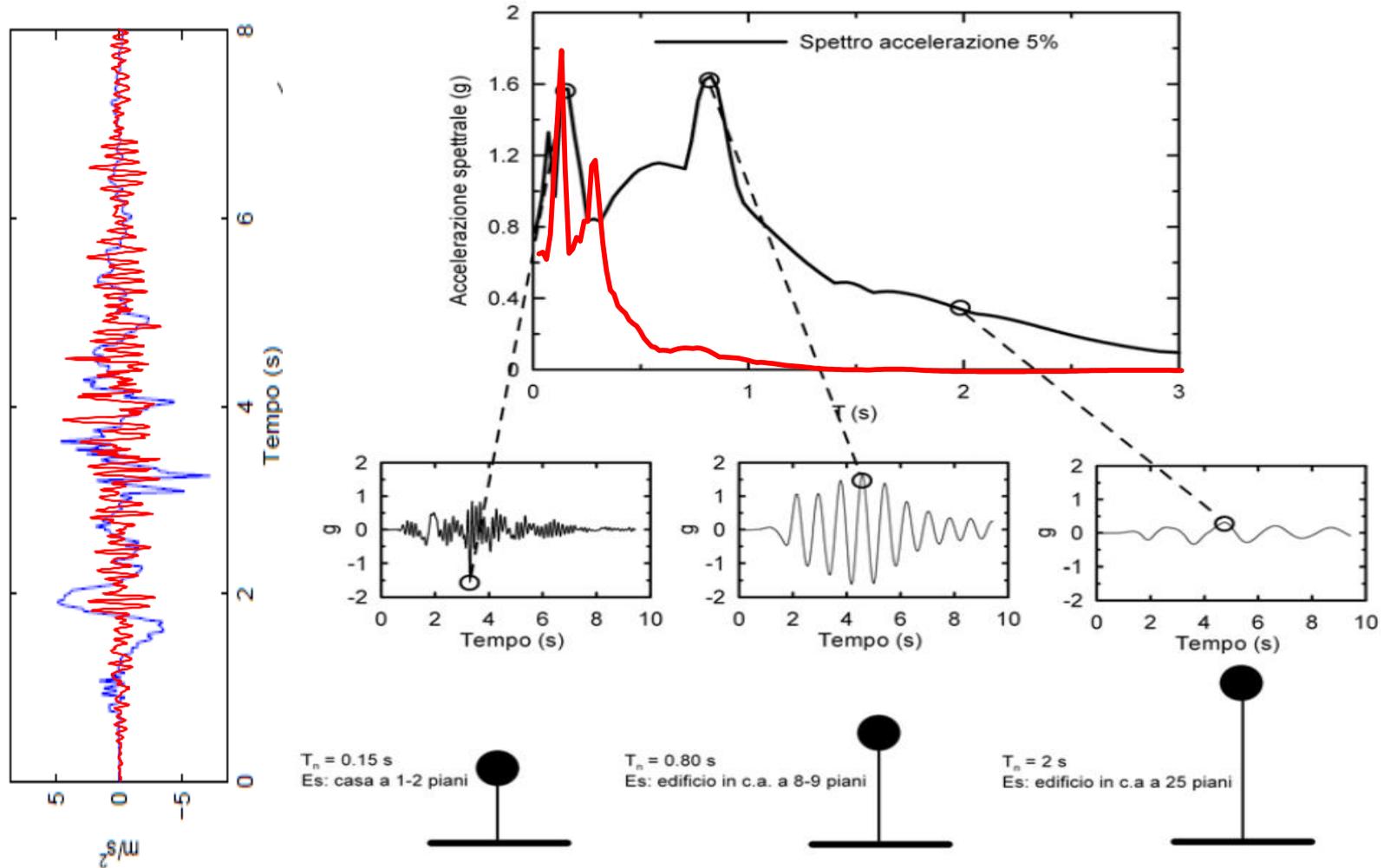
Lo spettro di risposta fornisce l'ampiezza massima della risposta (in spostamento relativo, velocità relativa o accelerazione assoluta) di un (qualsiasi) oscillatore armonico ad 1 grado di libertà (gdl) soggetto a un accelerogramma assegnato in funzione del periodo strutturale  $T_n$  e del fattore di smorzamento  $\xi$ .



Esempio di costruzione dello **spettro di risposta** in **accelerazione assoluta** per l'accelerogramma di Arquata del Tronto (comp. EW)-Repi 13,9 km- per il terremoto in App. Centr. del 24/08/2016 ore 1.36

Da **GLOSSARIO**  
(sito IT.AC.A.)

Lo spettro di risposta fornisce l'ampiezza massima della risposta (in spostamento relativo, velocità relativa o accelerazione assoluta) di un (qualsiasi) oscillatore armonico ad 1 grado di libertà (gdl) soggetto a un accelerogramma assegnato in funzione del periodo strutturale  $T_n$  e del fattore di smorzamento  $\xi$ .



## Esperienza n. 2



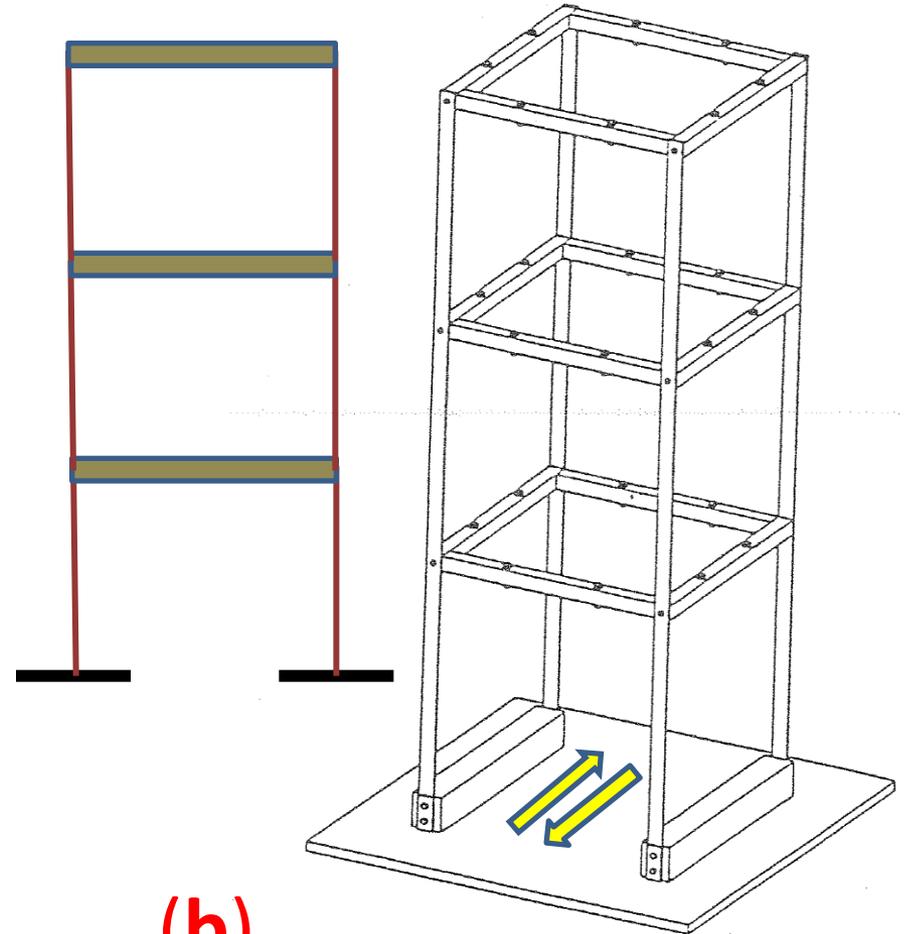
### Configurazione

*strutturale regolare* per distribuzione di masse e rigidzze

*L'oscillazione avviene in una sola direzione predeterminata e quindi*

*sono possibili solo i tre spostamenti indipendenti dei tre solai:*

*(tre gradi di libertà - **3** GdL)*



**(b)**

Identificazione sperimentale delle frequenze  $f_1 - f_2 - f_3$  per i tre modi naturali di vibrare

# Configurazione strutturale regolare (3 G.d.L.)

Modello

Massa/impalcato

236 g

*Modo 1*

$f_1$  (Hz)

1,16

*Modo 2*

$f_2$  (Hz)

3,40

*Modo 3*

$f_3$  (Hz)

?

[Massa addizionale identica pari a 40 g (+≈ 17%) su ciascuno dei tre impalcati]

→ 276 g (+≈ 17%)

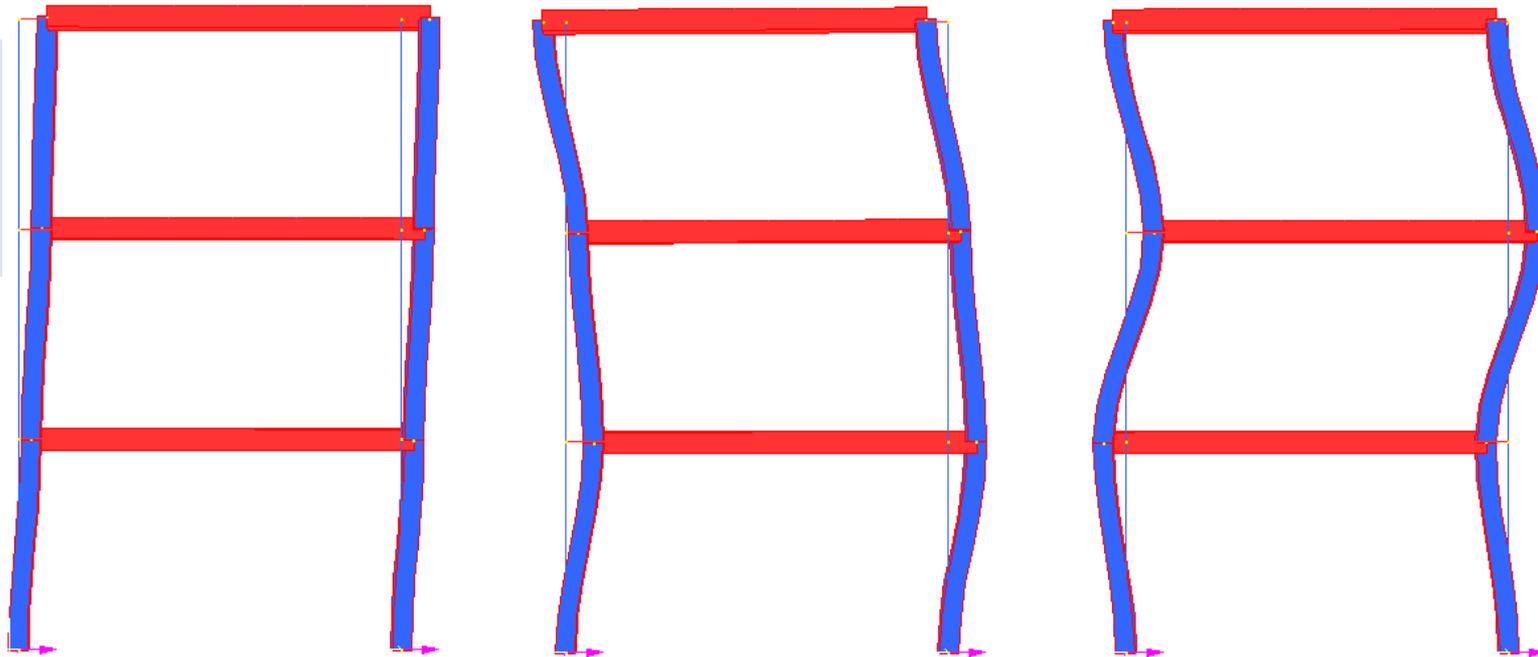
1,00

3,00

4,56

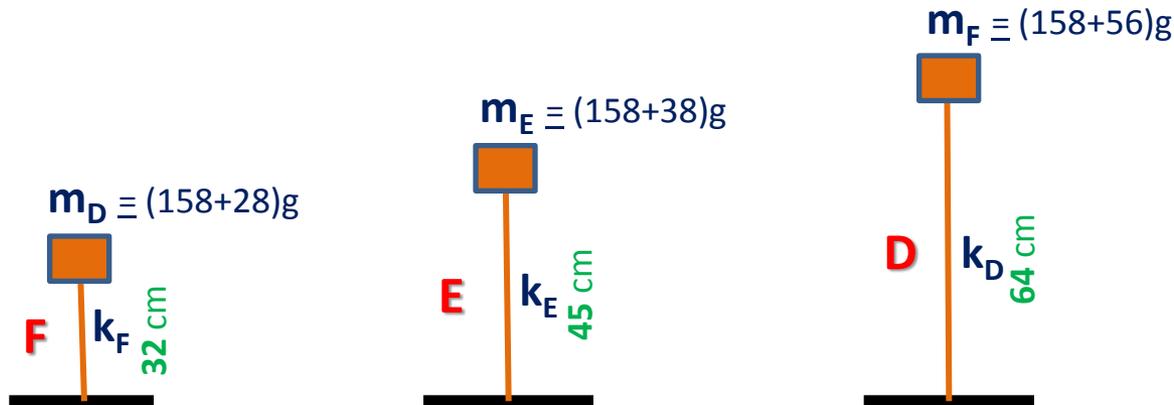
Modello  
a tre piani  
con colonne in  
policarbonato

Forme  
modali con  
distribuzione  
uniforme  
delle masse



E in casi di incrementi di massa distribuiti con irregolarità in alzato?

# Configurazioni strutturali regolari (1 G.d.L.)



$f_1$  (Hz)

3,55

2,10

1,17

$T_1$  (s)

0,28

0,48

0,86

$$T_1 = 1/f_1$$

$$f_1 = \sqrt{(k/m)} / 2\pi$$

$$k_F/k_E \approx 2,7$$

$$k_F/k_D \approx 8$$

Rapporti *approssimativi*  
tra le RIGIDENZE  
flessionali delle colonne

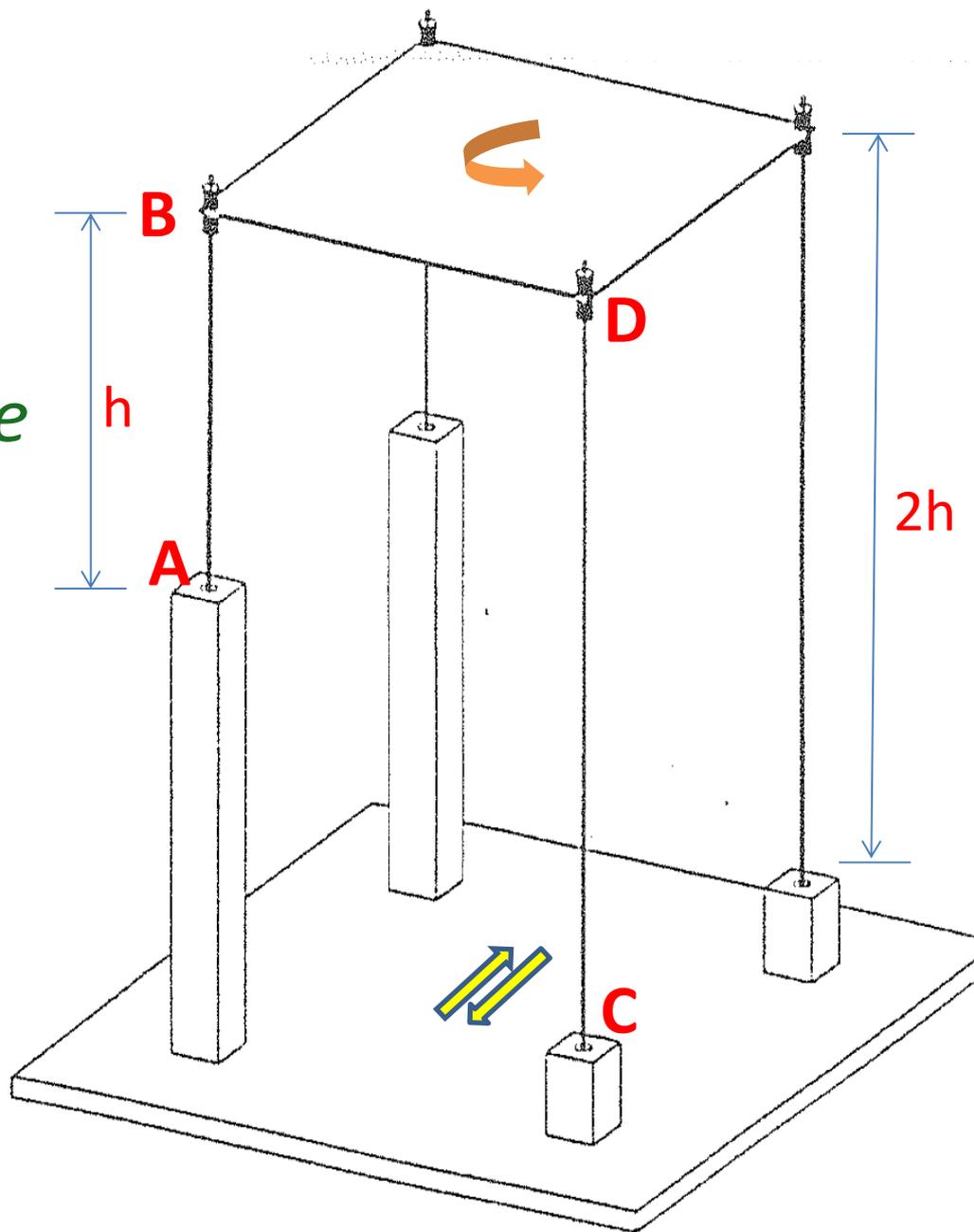
# Esperienza n. 3



*Configurazione strutturale  
irregolare in pianta*

Il pilastro **AB** è 8 volte  
più rigido del pilastro **CD**

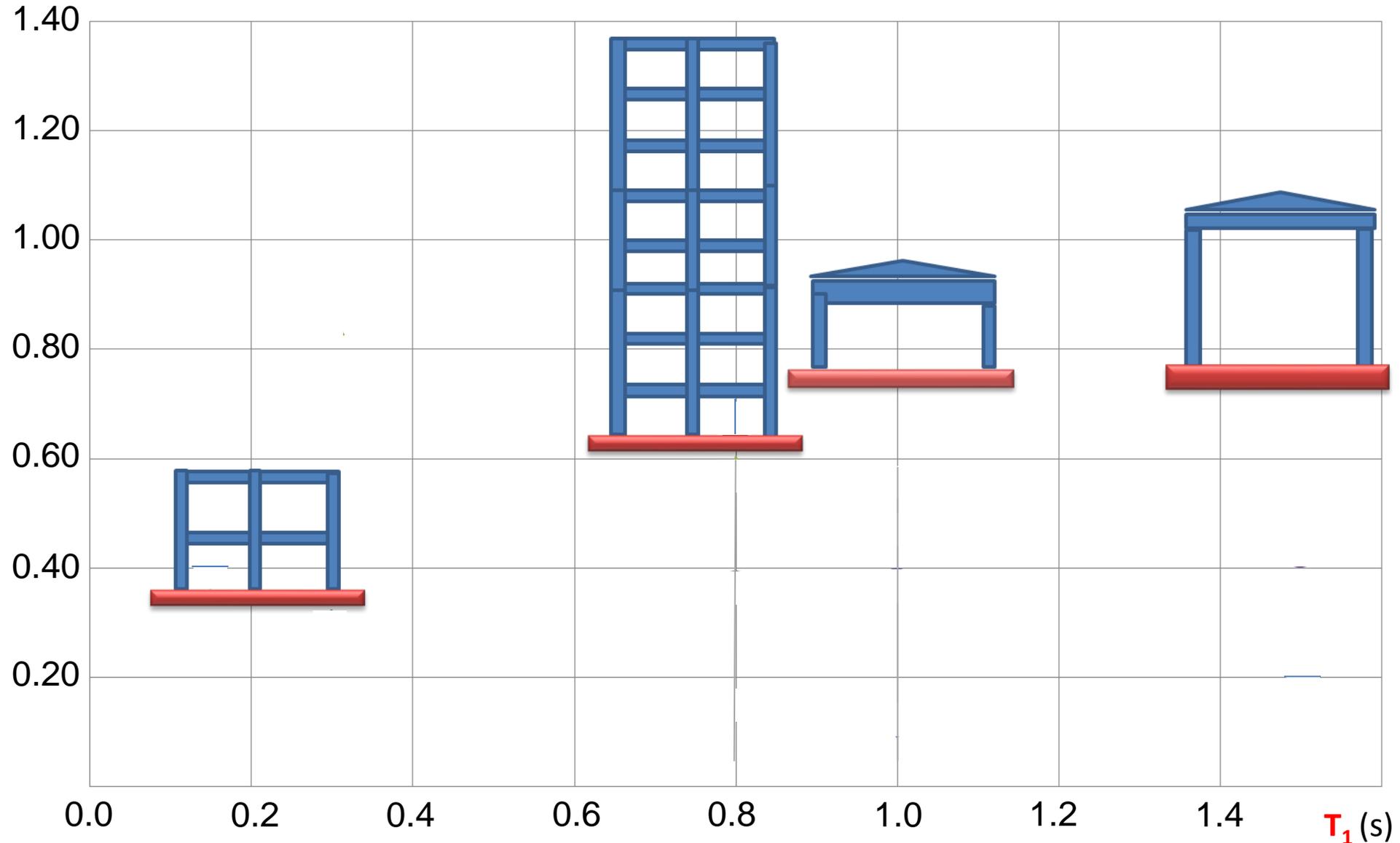
L'impalcato ha tre gradi di libertà  
(due spostamenti e una  
rotazione) e non si tratta quindi  
di oscillatore semplice. *Il primo  
dei tre modi di oscillare risulta  
essenzialmente di tipo torsionale.*



[D-V-A]

Sa (g)

Periodi propri del primo modo [T<sub>1</sub> (s)] di alcuni edifici campione





## News

**January 2016:** The version 2.1 of ITACA has been released. [Main updates...](#)

**August 2016:** Processed and unprocessed waveforms of the **Mw 6.0 of 2016-08-24 01:36:32 GMT** are available at [ESM database](#).

**October 2016:** Processed and unprocessed waveforms of the **Mw 5.9 of 2016-10-26 19:18:06 GMT** and **Mw 6.5 of 2016-10-30 06:40:18 GMT** are available at [ESM database](#).

## Information

[User manual](#)  
[Contributing Networks](#)  
[Credits](#)  
[Glossary](#)  
[Statistics](#)  
[Contacts](#)  
[Available Strong-Motion Databases](#)  
[Link to ITACA 2.0 \(previous version\)](#)

## Tools

[Processing web frontend](#) - a web interface for waveform processing on ITACA database. Registered users can select waveforms, do their own processing and save the resulting waveforms on their personal computer.

## ITACA release 2.1

ITACA 2.1 contains 25222 three-component accelerometric waveforms generated by 1365 earthquakes with magnitude greater than 3 in the time frame 1972-2015, including 14801 waveforms manually processed by specialists. Data have been recorded by the National Accelerometric Network (*RAN*), operated by the Italian Civil Protection Department - Presidency of the Council of Ministers (*DPC*), the National Seismic Network, operated by Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (*INGV*) and regional and international networks operated by several providers. The ITACA portal allows users to query earthquake and station information and ground motion parameters, and to select and download accelerometric (processed and unprocessed) waveforms and response spectra upon user registration. The metadata relative to seismic events and recording stations are revised on a yearly basis according to authoritative sources. **Events after December 31st 2015 with magnitude greater than 4 are available at the [European Strong-Motion database](#).**

ITACA is particularly targeted for:

- seismologists and strong-motion data analysts;
- earthquake and geotechnical engineers;
- national agencies;
- students and professionals, if adequately trained.

ITACA 2.1 has been compiled under the co-ordination of INGV Milano, thanks to the following contribution:

- 1) EU Project *EPOS*;
- 2) *Agreement between INGV and DPC (2012-2021)*;
- 3) *S2 project (2014-2015)* in the framework of the agreement INGV-DPC.



## Data search

Waveforms

Stations

Events

distanza da epicentro  
di definito terremoto  
profondità ipocentrale

**R** **De** **RAN**-stazione  
(km) (km) Mainshock

categorie sottosuolo

**EC8**

tre componenti moto

**Sa (g)**

**T<sub>1</sub> (s)**

valori massimi (*picchi*) registrati  
per le tre componenti in accelerazione  
rapportati all'accelerazione di gravità

magnitudo locale  
magnitudo momento

**0 0,15 0,3 0,8 1 1,5 3**

**MI M<sub>w</sub>**

					0	0,15	0,3	0,8	1	1,5	3		
3,6		<b>NVL</b>	<b>C</b>	E	0,05	0,09	0,13	0,05	0,03	0,01	0,00		
	<b>-3,1</b>	02/05/1987		N	<b>0,08</b>	<b>0,14</b>	<b>0,20</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	0,01	<b>4.6</b>	<b>4.7</b>
		20:43:55		Z	<i>0,02</i>	<i>0,07</i>	<i>0,03</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>		
7,5		<b>NVL</b>	<b>C</b>	E	<b>0,20</b>	<b>0,38</b>	0,26	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	<b>0,05</b>	0,01		
<b>13,3</b>	<b>-5,0</b>	15/10/1996		N	0,13	0,26	<b>0,30</b>	0,13	0,09	0,05	0,01	<b>4.9</b>	<b>5.4</b>
	<b>-25,5</b>	09:56:01		Z	<i>0,09</i>	<i>0,23</i>	<i>0,08</i>	<i>0,01</i>	<i>0,01</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>		
16,1		<b>MRN</b>	<b>C</b>	E	0,26	<b>0,67</b>	<b>0,85</b>	0,37	0,28	0,22	0,05		
<b>13,4</b>	<b>-9,5</b>	20/05/2012		N	<b>0,26</b>	0,57	0,74	<b>0,58</b>	<b>0,56</b>	<b>0,37</b>	0,08	<b>5.9</b>	<b>6.1</b>
	<b>-6,3</b>	02:03:52		Z	<b>0,30</b>	<i>0,26</i>	<i>0,20</i>	<i>0,13</i>	<i>0,04</i>	<i>0,03</i>	<i>0,01</i>		
4,1		<b>MRN</b>	<b>C</b>	E	0,22	<b>0,73</b>	0,51	0,23	0,17	0,20	0,08		
<b>4,0</b>	<b>-8,1</b>	29/05/2012		N	<b>0,29</b>	0,60	<b>0,71</b>	<b>0,37</b>	<b>0,38</b>	<b>0,42</b>	0,15	<b>5.8</b>	<b>6.0</b>
	<b>-10,2</b>	07:00:03		Z	<b>0,86</b>	<b>1,35</b>	<i>0,37</i>	<i>0,10</i>	<i>0,09</i>	<i>0,05</i>	<i>0,03</i>		
9,3		<b>Cortile</b>	<b>C*</b>	E	0,44	<b>1,09</b>	0,72	<b>0,40</b>	0,29	<b>0,15</b>	0,03		
	<b>-8,1</b>	29/05/2012		N	<b>0,51</b>	0,94	<b>1,01</b>	0,23	<b>0,31</b>	0,12	0,05	<b>5.8</b>	<b>6.0</b>
	<b>-10,2</b>	07:00:03		Z	<b>0,26</b>	<i>0,34</i>	<i>0,18</i>	<i>0,06</i>	<i>0,06</i>	<i>0,03</i>	<i>0,01</i>		
4,9		<b>AQV</b>	<b>B</b>	E	<b>0,66</b>	1,29	0,85	<b>0,64</b>	<b>0,47</b>	<b>0,20</b>	0,06		
	<b>-8,3</b>	06/04/2009		N	0,55	<b>1,33</b>	<b>1,32</b>	0,43	0,31	0,14	0,03	<b>5.9</b>	<b>6.3</b>
		01:32:39		Z	<b>0,50</b>	<i>0,48</i>	<i>0,37</i>	<i>0,13</i>	<i>0,17</i>	<i>0,08</i>	<i>0,02</i>		

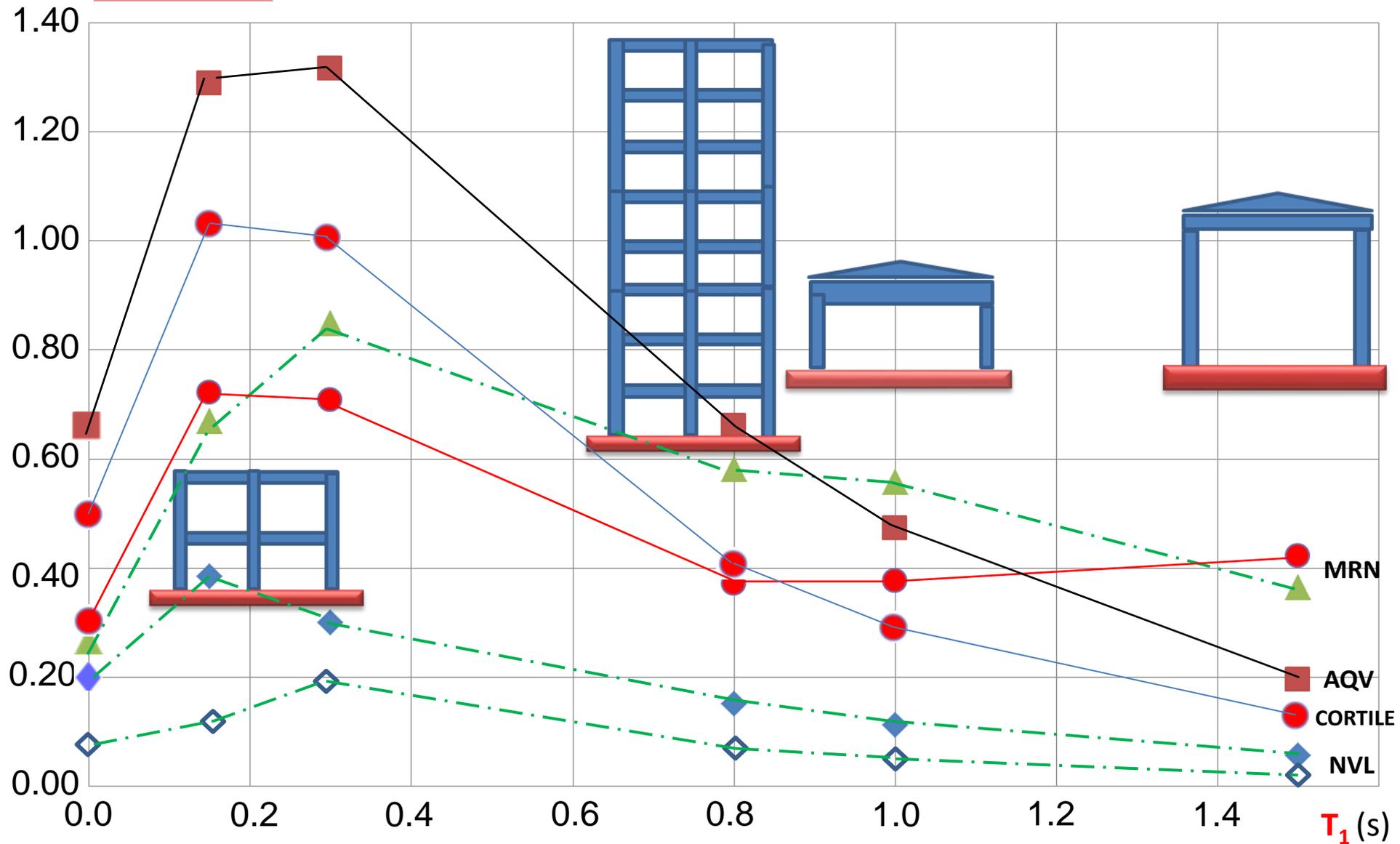
# Accelerazioni massime sviluppate da alcuni edifici campione in occasione dei

terremoti di: **Correggio 1996** (◆), **Emilia 20/05/12** (▲) ed **Emilia 29/05/12** (●)

[MAINSHOCK]

**Primi esempi**      **Reggiano 1987** (◇)

**L'Aquila 2009** (■)



Principale carenza: mancaza di ritegni contro la perdita dell'appoggio

## Emilia: crisi sismica 2012 e capannoni



Se le travi sono semplicemente appoggiate sulle colonne e trattenute dal semplice attrito, questo può essere vinto da forti accelerazioni orizzontali rese ancora più efficaci da importanti movimenti sussultori. Se per di più le strutture di appoggio oscillano in modo asimmetrico (stante la diversa rigidità dei pilastri, es. per le oscillazioni verso sinistra nel caso in figura) può venir meno la condizione di appoggio e ne segue il crollo della trave.

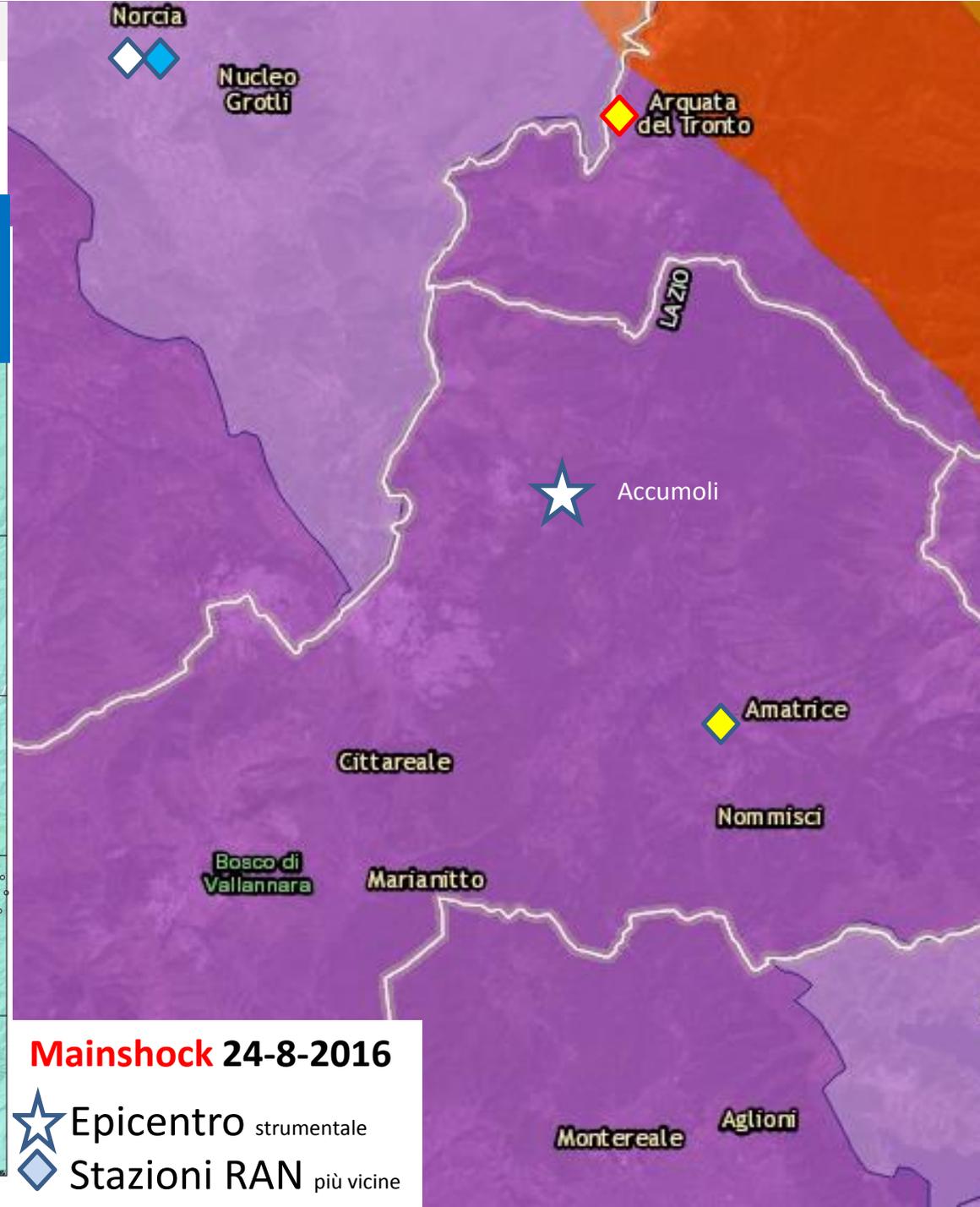
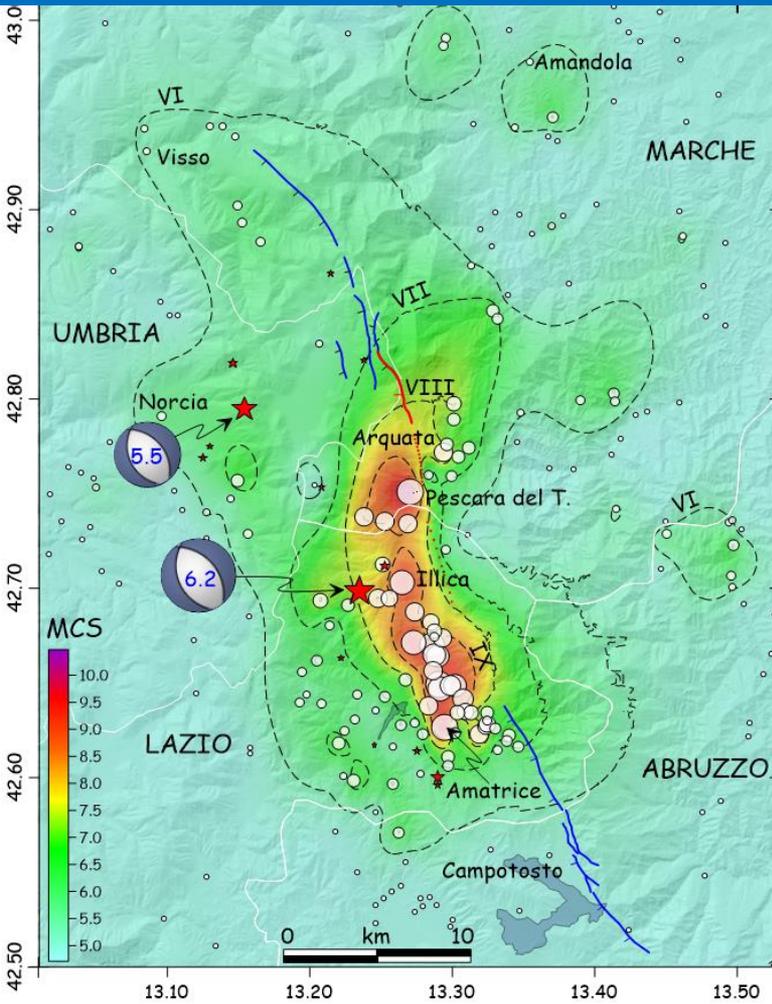
<http://quest.ingv.it/index.php>

Galli P., Peronace E., Tertulliani A., 2016.

**Rapporto sugli effetti macrosismici del terremoto del 24 Agosto 2016 di Amatrice in scala MCS.**

Roma, rapporto congiunto DPC, CNR-IGAG, INGV, 15 p.

**Distribuzione delle intensità rilevate per località in termini di scala macrosismica MCS.  
Isosisme dal VI al IX MCS.  
Intensità epi.le (Io) ... valutata al X grado MCS.**



**Mainshock 24-8-2016**

★ Epicentro strumentale  
◆ Stazioni RAN più vicine



$M_L$  6.0 -  $M_W$  6.2

*Dopo il terremoto del 24 agosto 2016*

**AMATRICE** dall'alto

**X-XI** grado M.C.S.

*«In generale il livello altissimo di distruzione è legato alla vulnerabilità sismica degli edifici, associato in qualche caso ad effetti di sito ...»  
(p. 6 del **Rapporto sugli effetti macrosismici ...**)*

$M_L$  6.0 -  $M_W$  6.2

*Dopo il terremoto del 24 agosto 2016*

**NORCIA** scorcio del centro storico

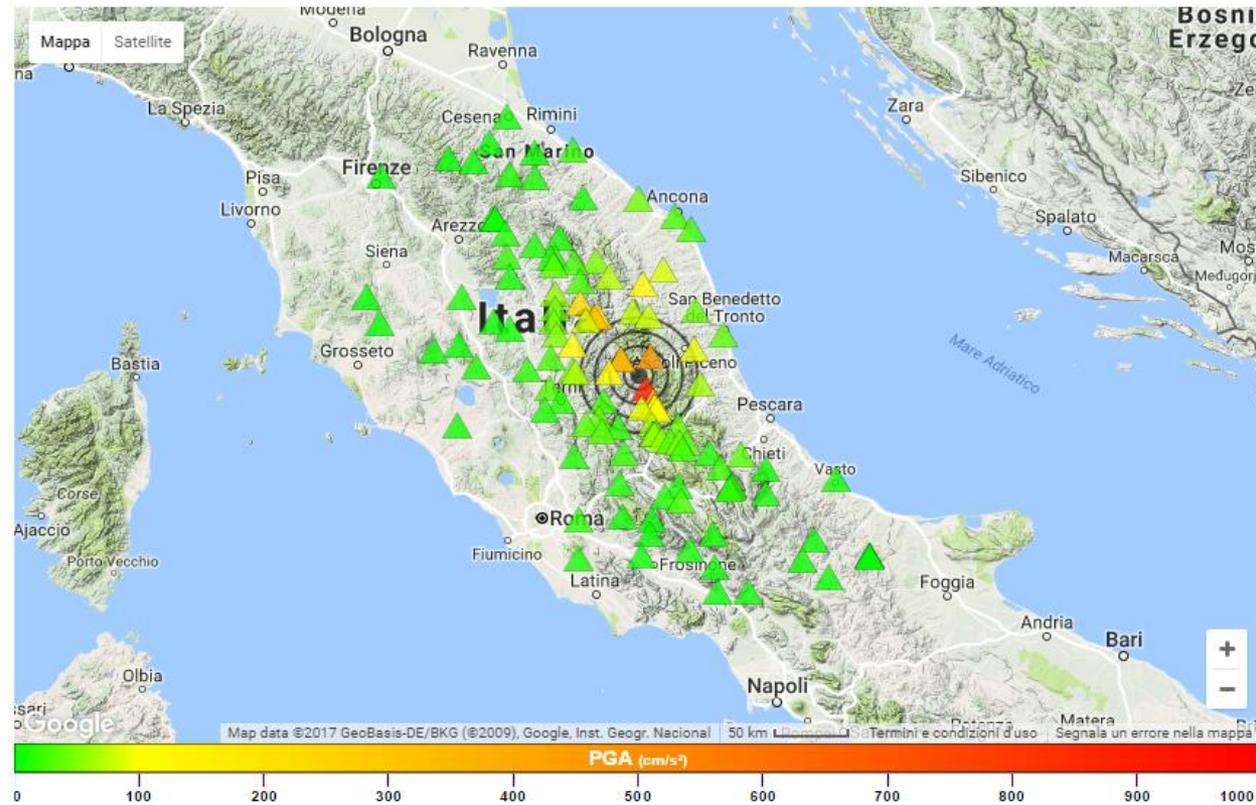
**VI** grado M.C.S.

**Norcia**, il sisma fa paura ma non uccide:

"Ci ha salvato la ricostruzione"



RETE ACCELEROMETRICA NAZIONALE - RAN DOWNLOAD



DETTAGLIO EVENTO

Luogo: Accumoli, Rieti  
 MI:6.0 Data:2016-08-24 01:36:32  
 Lat:42.706 Lon:13.223 Profondità:04.2km

[Parametri](#)

[Download](#)

REGISTRAZIONI DELLA RAN

- 2017-02-12 16:41:20 MI:3.1 Prof:08.6km Nrecs:37
- 2017-02-12 13:56:51 MI:2.8 Prof:07.6km Nrecs:09
- 2017-02-12 13:55:20 MI:3.6 Prof:08.2km Nrecs:54
- 2017-02-12 13:01:04 MI:2.1 Prof:08.0km Nrecs:03
- 2017-02-11 17:19:32 MI:2.0 Prof:14.1km Nrecs:02
- 2017-02-11 02:32:00 MI:2.4 Prof:09.3km Nrecs:10
- 2017-02-11 00:48:24 MI:2.3 Prof:08.1km Nrecs:24
- 2017-02-11 00:05:08 MI:2.7 Prof:09.6km Nrecs:25
- 2017-02-10 22:23:21 MI:2.6 Prof:10.5km Nrecs:22
- 2017-02-10 08:16:18 MI:3.1 Prof:13.2km Nrecs:30
- 2017-02-10 02:20:10 MI:2.1 Prof:10.9km Nrecs:02
- 2017-02-09 19:43:26 MI:2.2 Prof:12.9km Nrecs:02
- 2017-02-09 18:11:09 MI:2.8 Prof:11.1km Nrecs:20
- 2017-02-09 17:17:07 MI:3.0 Prof:13.8km Nrecs:29

Elenco parametri RAN				Epicentro (auth: INGV) MI 6.0, 2016-08-24 01:36:32 (UTC) - Accumoli, Rieti												
Sta	Can	Lat (°)	Lon (°)	Nome Stazione	Filtro Hz	dist km	PGA cm/s <sup>2</sup>	PGV cm/s	PGD cm	PSA03 cm/s <sup>2</sup>	PSA10 cm/s <sup>2</sup>	PSA30 cm/s <sup>2</sup>	Td s	Arias cm/s	Housner cm	EC8
AMT	HGE	426.325	132.866	Amatrice	0.2 6 50	9.58	915.97	44.25	2.96	1,786.88	199.93	20.85	3.89	171.23	130.40	B*
AMT	HGN	426.325	132.866	Amatrice	0.2 6 50	9.58	445.59	39.11	7.03	566.87	356.08	41.43	3.60	65.80	135.27	B*
AMT	HGZ	426.325	132.866	Amatrice	0.2 6 50	9.58	399.94	27.45	4.46	414.57	328.56	57.23	5.25	51.82	94.64	B*
NOR	HGE	427.924	130.924	Norcia	0.2 6 50	14.25	192.12	31.06	8.20	306.03	411.44	69.77	10.78	50.90	137.85	C*
NOR	HGN	427.924	130.924	Norcia	0.2 6 50	14.25	165.66	15.21	4.33	442.27	242.97	51.25	17.84	31.25	80.39	C*
NOR	HGZ	427.924	130.924	Norcia	0.2 6 50	14.25	258.33	14.68	2.82	279.99	120.86	18.62	8.69	28.24	47.81	C*
NRC	HGE	427.925	130.964	Norcia	0.2 6 50	14.25	331.61	29.20	6.25	711.12	237.14	51.36	6.31	94.72	108.96	B
NRC	HGN	427.925	130.964	Norcia	0.2 6 50	14.25	376.96	19.16	5.67	631.13	193.98	48.16	7.51	75.39	84.24	B
NRC	HGZ	427.925	130.964	Norcia	0.2 6 50	14.25	208.60	8.74	2.27	563.85	100.20	17.27	6.14	34.71	42.87	B

Sta	Can	Nome Stazione	EC8 Topografia	R epi km	PGA Sa (g)	PSA015 Sa (g)	PSA03 Sa (g)	PSA08 Sa (g)	PSA10 Sa (g)	PSA15 Sa (g)	PSA30 Sa (g)
-----	-----	---------------	-------------------	-------------	---------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Parametri RAN Epicentro (auth: INGV) 2009-04-06 01:32:39 - L'Aquila - MI 5.9 Mw 6.3, De 8,3 km											
AQV	HGE	L'Aquila_V.Aterno_C.V.	B T1	4.90	<b>0,66</b>	1,29	0,85	<b>0,64</b>	<b>0,47</b>	<b>0,20</b>	0,06
AQV	HGN	L'Aquila_V.Aterno_C.V.	B T1	4.90	0,55	<b>1,33</b>	<b>1,32</b>	0,43	0,31	0,14	0,03
AQV	HGZ	L'Aquila_V.Aterno_C.V.	B T1	4.90	<b>0,50</b>	<b>0,48</b>	<b>0,37</b>	0,13	<b>0,17</b>	0,08	0,02

Parametri RAN Epicentro (auth: INGV) 2012-05-29 07:00:03 - Mirandola, Modena - MI 5.8 Mw 6.0, De 8,07 km											
MRN	HGE	Mirandola	C T1	4.10	0,22	<b>0,72</b>	0,51	0,23	0,17	0,20	0,08
MRN	HGN	Mirandola	C T1	4.10	<b>0,29</b>	0,60	<b>0,71</b>	<b>0,37</b>	<b>0,38</b>	<b>0,42</b>	0,15
MRN	HGZ	Mirandola	C T1	4.10	<b>0,86</b>	<b>1,35</b>	<b>0,37</b>	0,10	0,09	0,05	0,03

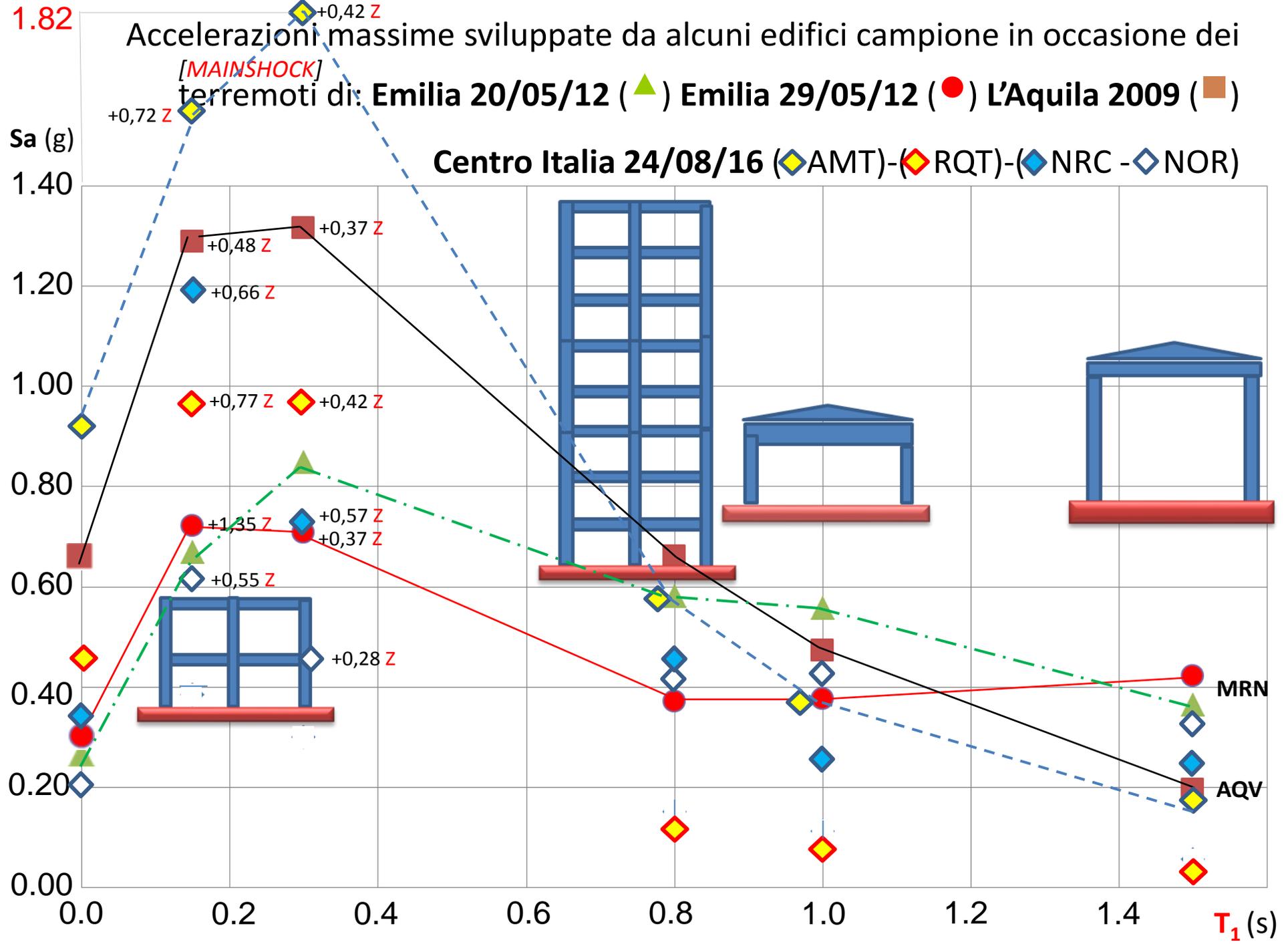
Parametri RAN Epicentro (auth: INGV) 2012-05-20 02:03:50 - Mirandola, Modena - MI 5.9 Mw 6.1, De 9,5 km											
MRN	HGE	Mirandola	C T1	16.10	0,26	<b>0,67</b>	<b>0,85</b>	0,37	0,28	0,22	0,05
MRN	HGN	Mirandola	C T1	16.10	<b>0,26</b>	0,57	0,74	<b>0,58</b>	<b>0,56</b>	<b>0,37</b>	0,08
MRN	HGZ	Mirandola	C T1	16.10	<b>0,30</b>	<b>0,26</b>	<b>0,20</b>	0,13	0,04	0,03	0,01

Fonte dati: <http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/>

Parametri RAN Epicentro (auth: INGV) 2016-08-24 01:36:32 - Accumoli, Rieti - MI 6.0 Mw 6.2, De $\cong$ 8 km											
AMT	HGE	Amatrice	B* T1	9.58	<b>0,93</b>	<b>1,59</b>	<b>1,82</b>	0,27	0,20	0,09	0,02
AMT	HGN	Amatrice	B* T1	9.58	0,45	0,77	0,58	<b>0,58</b>	<b>0,36</b>	0,18	0,04
AMT	HGZ	Amatrice	B* T1	9.58	<b>0,41</b>	<b>0,72</b>	<b>0,42</b>	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>	0,17	0,06
RQT	HGE	Arquata_Del_Tronto	A* T2	13.91	<b>0,46</b>	<b>0,95</b>	<b>0,96</b>	<b>0,14</b>	0,08	0,03	0,02
RQT	HGZ	Arquata_Del_Tronto	A* T2	13.91	<b>0,40</b>	<b>0,77</b>	<b>0,42</b>	0,05	0,04	0,07	0,02
NRC	HGE	Norcia	B T1	14.25	0,34	0,87	<b>0,73</b>	<b>0,48</b>	<b>0,24</b>	<b>0,23</b>	0,05
NRC	HGN	Norcia	B T1	14.25	<b>0,38</b>	<b>1,18</b>	0,65	0,31	0,20	0,19	0,05
NRC	HGZ	Norcia	B T1	14.25	<b>0,21</b>	<b>0,66</b>	<b>0,57</b>	<b>0,17</b>	0,10	0,07	0,02
NOR	HGE	Norcia La Castellina	C* T1	14.25	<b>0,20</b>	<b>0,64</b>	0,31	<b>0,41</b>	<b>0,42</b>	<b>0,34</b>	0,07
NOR	HGN	Norcia La Castellina	C* T1	14.25	0,17	0,38	<b>0,45</b>	0,27	0,25	0,19	0,05
NOR	HGZ	Norcia La Castellina	C* T1	14.25	<b>0,26</b>	<b>0,55</b>	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>	0,12	0,09	0,02

**N.B. Dati provvisori revisionati**

Fonte dati: <http://ran.protezionecivile.it>

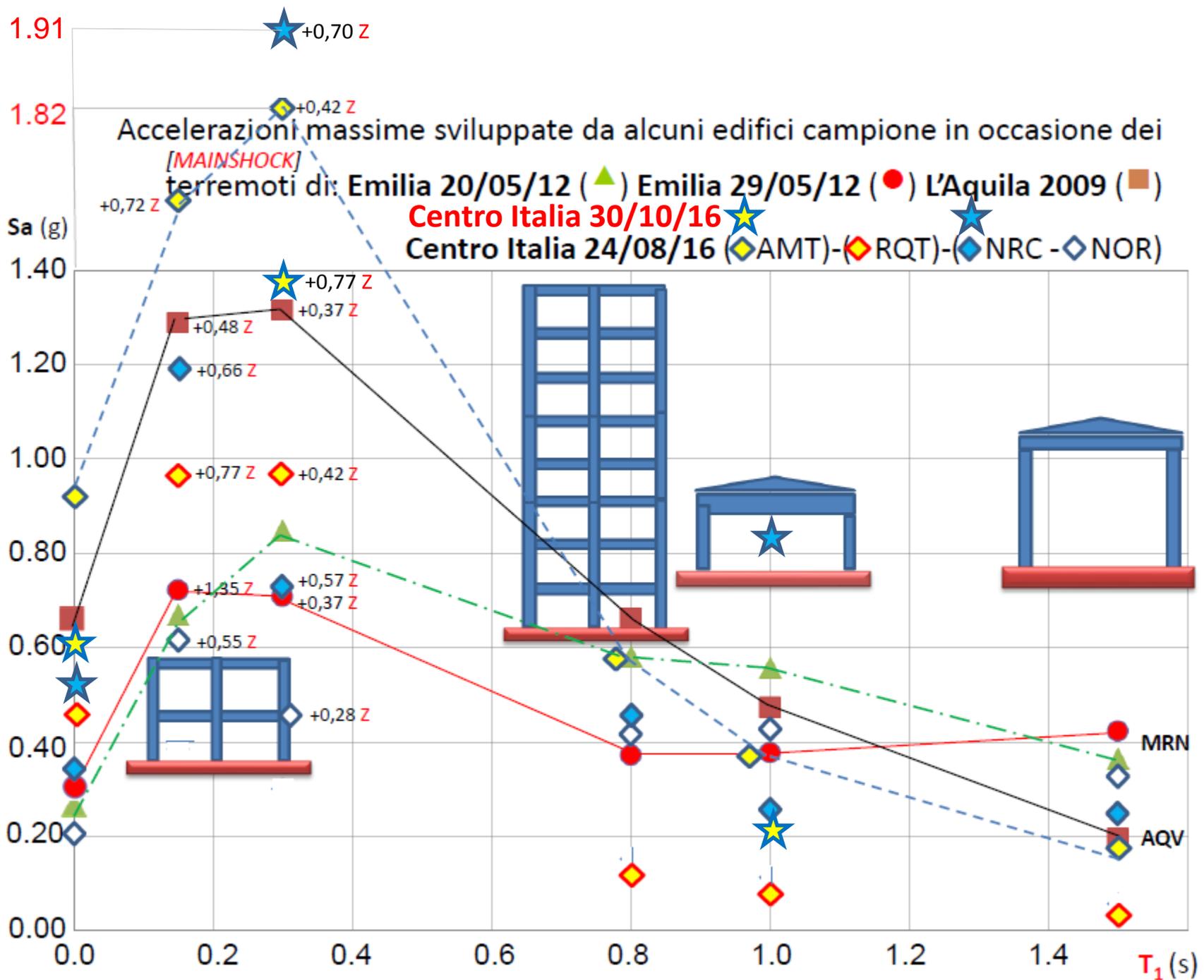


# Mw 6.5

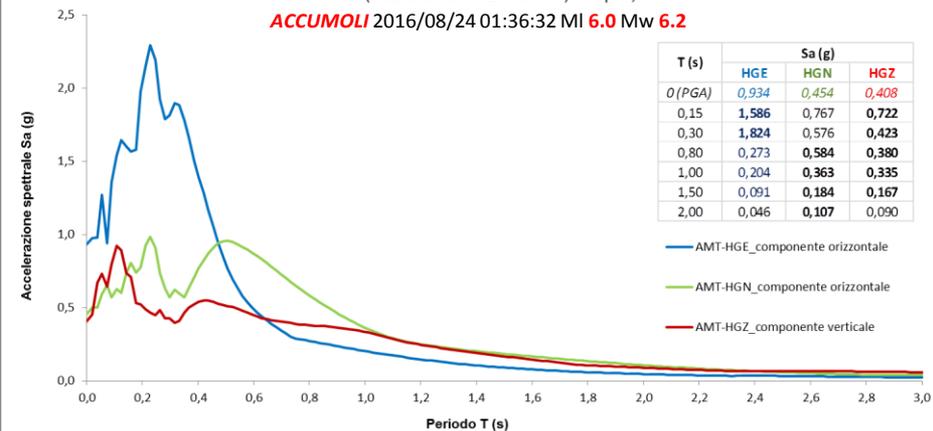
Parametri RAN													Epicentro (auth: INGV) MI 6.1, 2016-10-30 06:40:17 (UTC) - Norcia, Perugia			
Sta	Can	Nome Stazione	dist km	PGA cm/s <sup>2</sup>	PGV cm/s	PSA03 cm/s <sup>2</sup>	PSA10 cm/s <sup>2</sup>	PSA30 cm/s <sup>2</sup>	Arias cm/s	Housner cm	EC8	PGA Sa (g)	PSA03 Sa (g)	PSA10 Sa (g)	PSA30 Sa (g)	
NRC	HGE	Norcia	5.40	477	47	1.870	807	91	327	226	B	0,49	1,91	0,82	0,09	
NRC	HGN	Norcia	5.39	327	38	1.130	535	109	218	165	B	0,33	1,15	0,55	0,11	
NRC	HGZ	Norcia	5.39	378	18	683	274	32	164	85	B	0,39	0,70	0,28	0,03	
AMT	HGE	Amatrice	27.20	607	26	698	196	56	140	106	B*	0,62	0,71	0,20	0,06	
AMT	HGN	Amatrice	27.20	440	29	1.335	204	32	61	98	B*	0,45	1,36	0,21	0,03	
AMT	HGZ	Amatrice	27.20	354	22	759	183	58	56	90	B*	0,36	0,77	0,19	0,06	

**N.B. Dati provvisori revisionati**

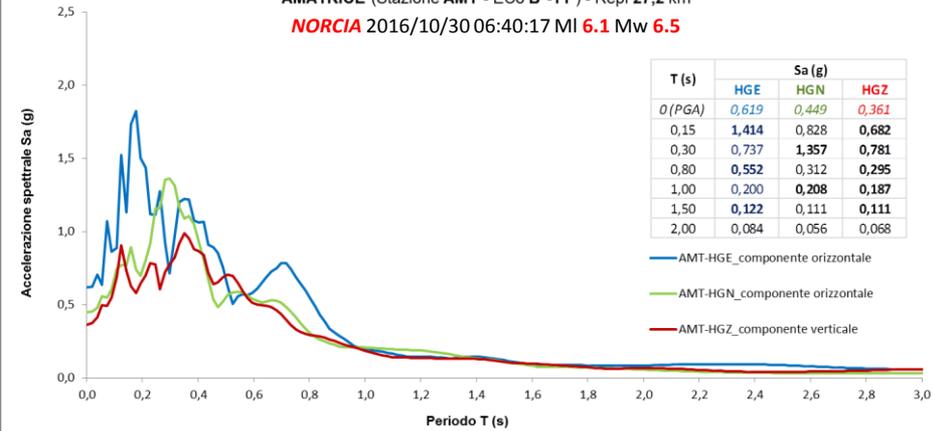
Fonte dati: <http://ran.protezionecivile.it>



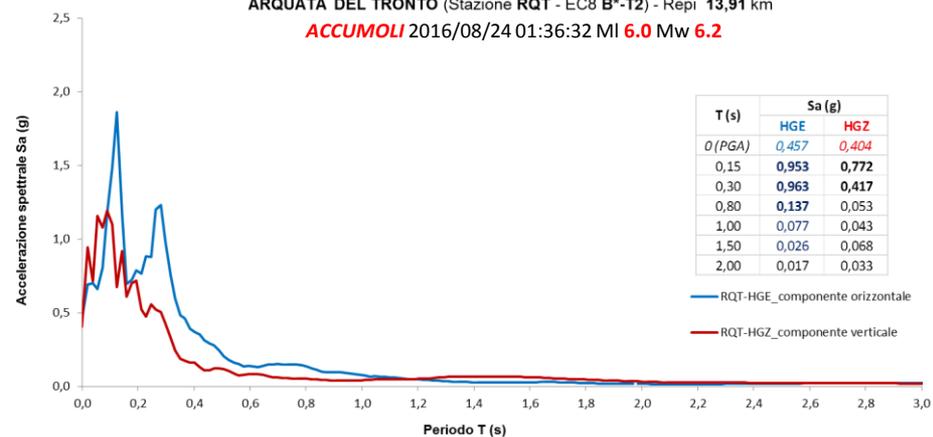
AMATRICE (Stazione AMT - EC8 B\*-T1) - Repli 9,58 km  
**ACCUMOLI** 2016/08/24 01:36:32 MI 6.0 Mw 6.2



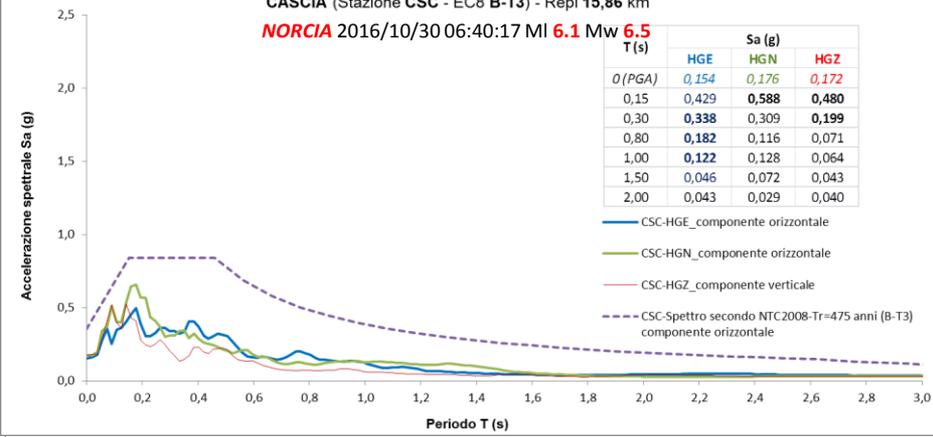
AMATRICE (Stazione AMT - EC8 B\*-T1) - Repli 27,2 km  
**NORCIA** 2016/10/30 06:40:17 MI 6.1 Mw 6.5



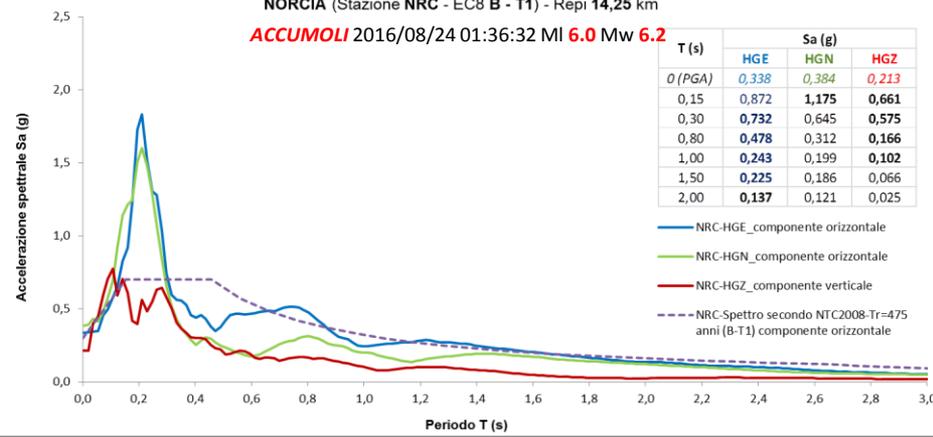
ARQUATA DEL TRONTO (Stazione RQT - EC8 B\*-T2) - Repli 13,91 km  
**ACCUMOLI** 2016/08/24 01:36:32 MI 6.0 Mw 6.2



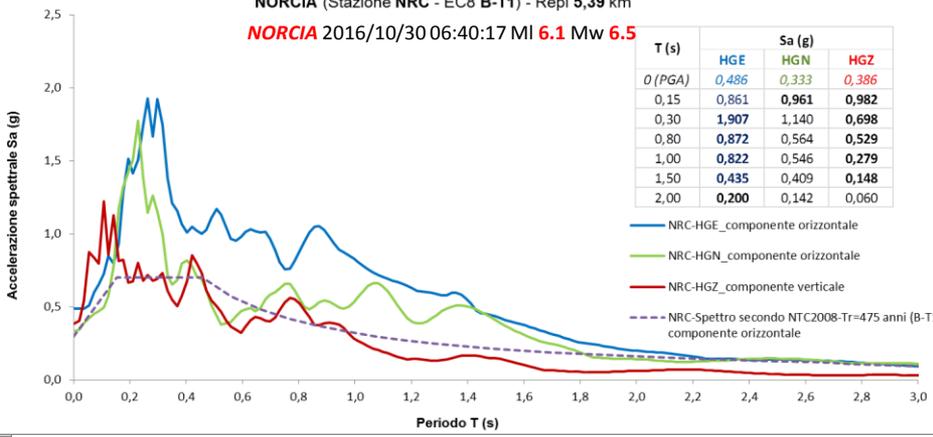
CASCIA (Stazione CSC - EC8 B-T3) - Repli 15,86 km  
**NORCIA** 2016/10/30 06:40:17 MI 6.1 Mw 6.5



NORCIA (Stazione NRC - EC8 B - T1) - Repli 14,25 km  
**ACCUMOLI** 2016/08/24 01:36:32 MI 6.0 Mw 6.2



NORCIA (Stazione NRC - EC8 B-T1) - Repli 5,39 km  
**NORCIA** 2016/10/30 06:40:17 MI 6.1 Mw 6.5



Dopo il terremoto del 30 ottobre 2016

$M_L$  6.1 -  $M_W$  6.5

VIII-IX grado M.C.S.



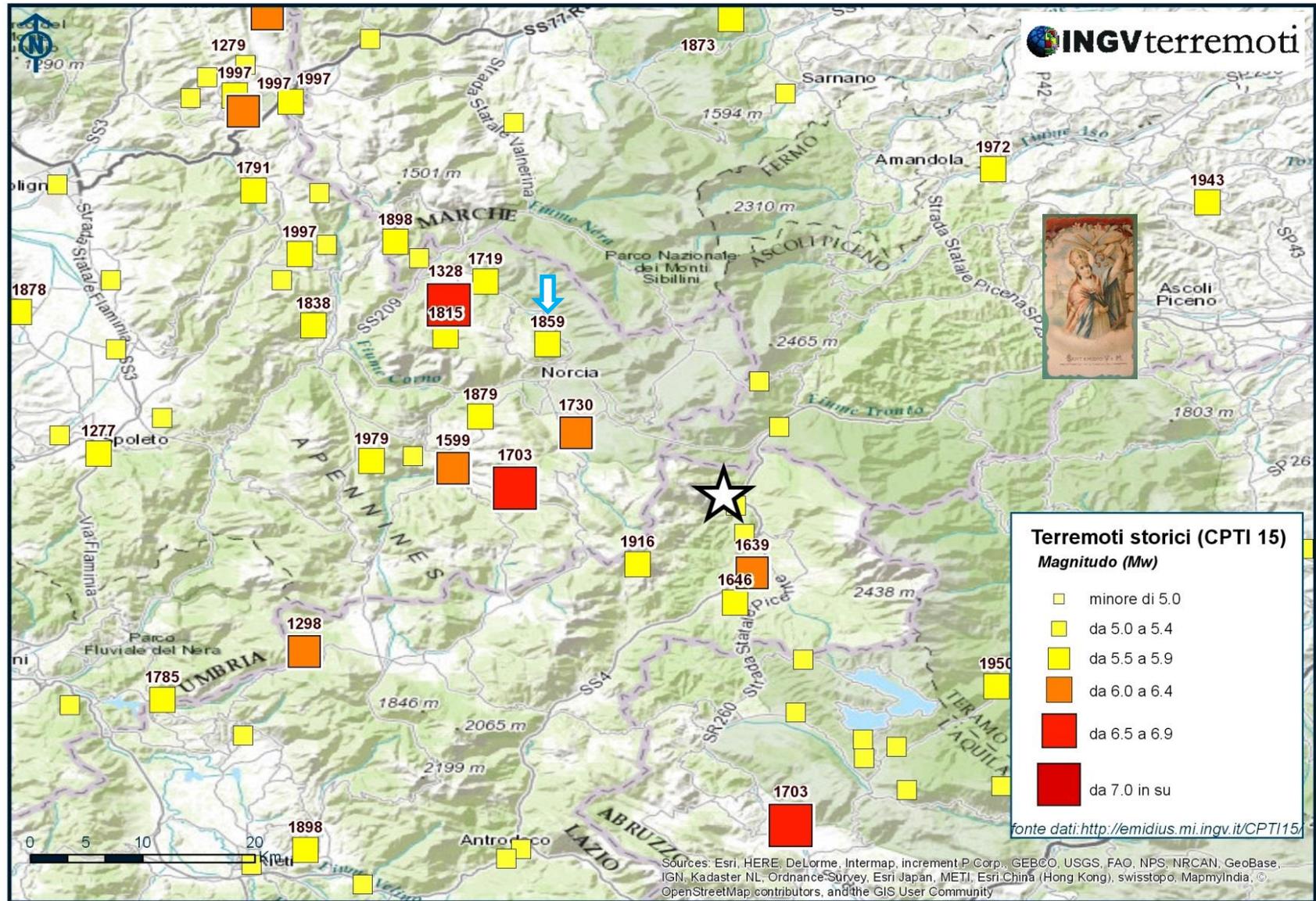
Repi 5.4 km **NORCIA** Dentro al centro storicoj

La differenza viene dalla storia ...  
... non si improvvisa!

Fuori dal centro storico  
scoppio pilastro in edificio in CA

# «Nota di sismicità storica (p. 3 del **Rapporto sugli effetti macrosismici del terremoto del 24 agosto 2016 ...**)

L'area colpita dalla sequenza in atto ☆ oltre ad essere stata gravemente danneggiata dai grandi terremoti nursini ed aquilani del Gennaio-Febbraio 1703, è stata precedentemente zona sorgente di un forte terremoto avvenuto nell'Ottobre del 1639, parametrizzato in CPTI15 con una Mw 6.2 .....»



# LA MAGISTRATURA

## DI NORCIA

### NOTIFICAZIONE



Amnesso dal generale Consiglio di questo Comune tenuto li 17. Novembre 1859 il Regolamento Edilizio relativo al modo da invariabilmente osservarsi in questa Città tanto nella costruzione de' fabricati, quanto nel riattamento degli antichi, redatto dai prescelti Deputati a base delle Istruzioni somministrate dalli Chiarissimi Signori P. Angelo Secchi della Compagnia di Gesù, e Professore Commendatore Luigi Poletti, e riportatane la Sovrana sanzione partecipata a questo Municipio dall' Apostolica Delegazione di Provincia con Ossequiato Dispaccio dei 30. Aprile 1860. N. 2778; la Magistratura suddetta si fa sollecita con la presente Notificazione renderlo di pubblico diritto riportandone quì ap-



Modena, 1792  
Milano, 1869

presso l'intero tenore affinchè ognuno possa conoscere le prescrizioni che in esso Regolamento si contengono, ed attenersi scrupolosamente alle medesime tanto nel costruire nuovi Caseggiati, quanto nel riattare gli antichi, isceansando per tal modo tutte quelle comminate pene, e danni, che in caso di trasgressione ciascenno irremissibilmente andrebbe ad incorrere; avvertendo, che detta Legge Edilizia avrà la sua piena esecuzione a contare dal 15. corrente Maggio.

Dalla Residenza Comunale li 10. Maggio 1860.

LUIGI CAV. COLIZZI GONFALONIERE

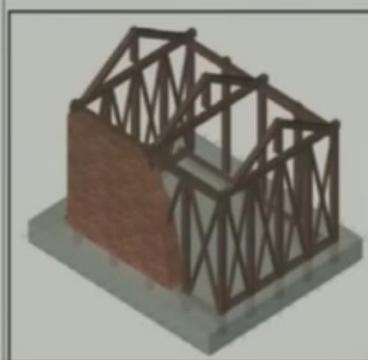


PIETRO Dr. FUSCONI  
GIUSEPPE Dr. CARDUCCI  
FELICIANO PATRIZI-FORTI  
STEFANO ONORJ  
NUNZIO MASSENZI  
FILIPPO C. BATTAGLIA

ANZIANI

Norcia Tip. Zitelli

A preferenza di ogni altra è consigliata la costruzione delle case a baracca sullo esempio di quelle che già esistono, e che tanto bene hanno resistito alla forza dei terremoti.



Schema di una casa "baraccata"

«In qualche caso si osservano edifici in muratura in cui sono visibili interventi relativamente recenti, con la sovrapposizione di una cordolatura e una copertura in CA .... **Come osservato anche in occasione del terremoto del 1997 in Umbria Marche e dell'Aquila 2009**, questi interventi, senza un contestuale rinforzo delle strutture verticali, hanno solitamente determinato effetti devastanti sulle murature (Fig. 3).»

(pp. 4-5 del **Rapporto sugli effetti macrosismici ...** )



**Fig. 3** - Crollo totale di un edificio in muratura con solai in CA (San Lorenzo e Flaviano, Amatrice).

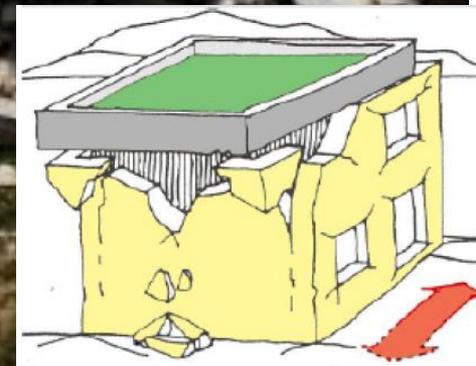
**Terremoto in Abruzzo del 6 aprile 2009 ( $M_L = 5.9$ ;  $M_W = 6.3$ )**

*Immagini da due località: entrambe valutate con effetti di IX° MCS*

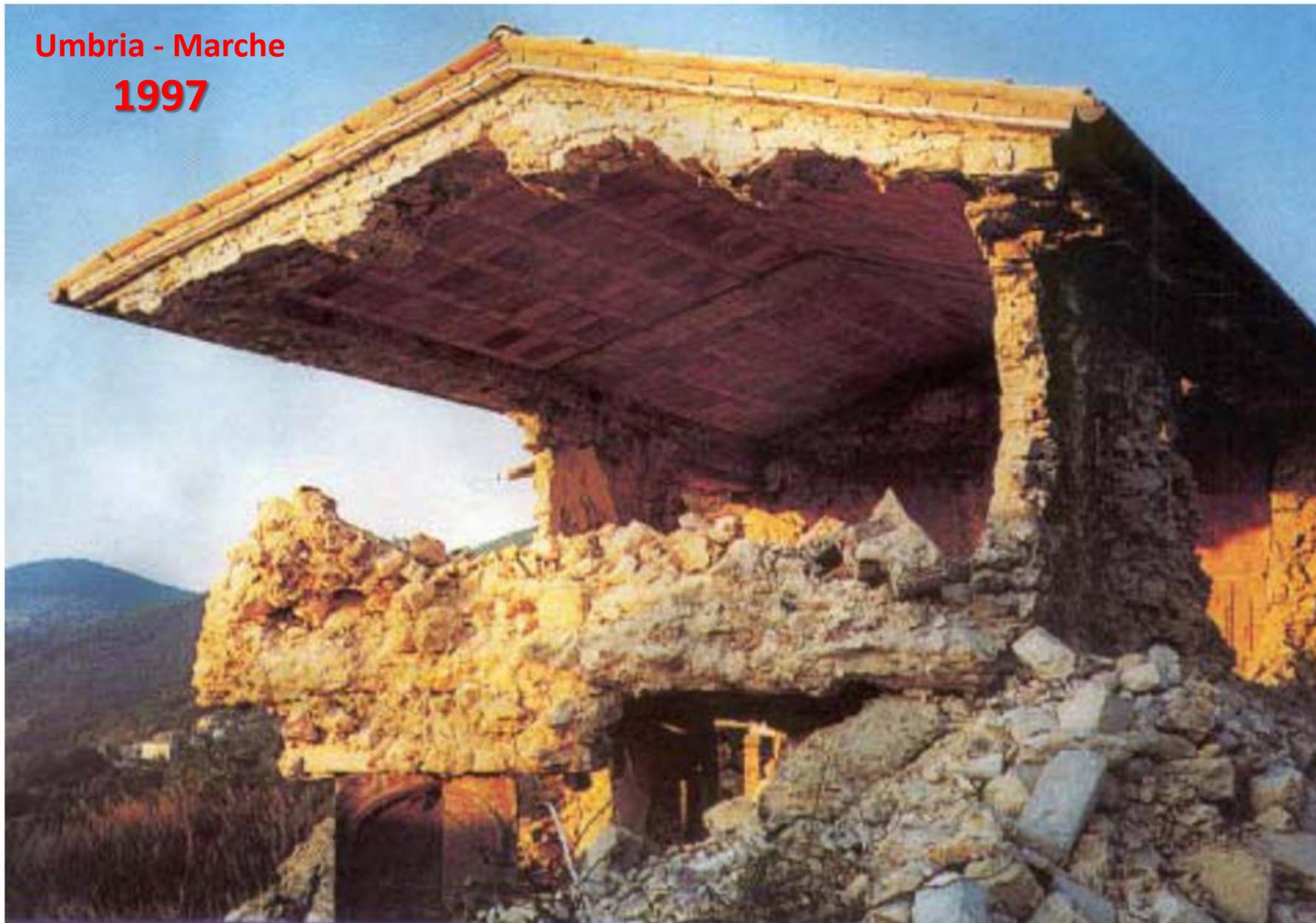


**Villa Sant'Angelo (AQ)** - Edificio in muratura di pietrame listata, copertura in legno e pietre angolari. Capichiave delle catene al primo piano.

**Colle di Roio (AQ)** – Edificio in muratura in pietrame non squadrato con malta argillosa e copertura pesante in c.a. **Effetto negativo di un tetto pesante e rigido**



**Umbria - Marche**  
**1997**



Il coperto ricostruito in laterocemento ha resistito alla scossa di terremoto



24 agosto 2016

## **Accumoli, rimane in piedi la casa bucata**

<http://video.repubblica.it/dossier/terremoto-24-agosto-2016/accumoli-rimane-in-piedi-la-casa-bucata/249896/250041?video=&ref=HREA-1>



$M_L$  6.0 -  $M_W$  6.2

*Terremoto del 24 agosto 2016*

**AMATRICE**

**X-XI** grado M.C.S.



**COLLASSI di edifici in muratura:**  
ruoli negativi di solai e tetti in CA  
anche di recente realizzazione

## Terremoto, tetti in cemento armato aumentano rischio crolli: non solo ad Amatrice. "Molto diffusi in passato"

<http://www.ilfattoquotidiano.it/2016/09/08/terremoto-tetti-in-cemento-armato-aumentano-rischio-crolli-non-solo-ad-amatrice-molto-diffusi-in-passato/3018322/>



Cronaca

*L'aggiunta di cordoli e solai, qualora i muri sottostanti siano di qualità scadente, può portare a un aumento della vulnerabilità dell'edificio in caso di sisma. "Temo che siano molte le situazioni in cui questa tipologia di intervento è stata utilizzata. Negli anni ottanta e novanta era ritenuto assolutamente corretto", spiega Paolo Riva, docente di Tecnica delle costruzioni e vice presidente dell'associazione Ingegneria Sismica Italiana*

## C.9.8. Interventi tecnici di miglioramento per gli edifici in muratura ordinaria

**D.M. 16-1-1996 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche**

**[D.M. 24-1-1986 Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche]**

### C.9.8.2. Solai

**[saranno]**

Ove si proceda alla sostituzione di solai, questi devono essere del tipo in cemento armato ordinario o precompresso o solai misti con blocchi interposti in laterizio od altro materiale, ovvero in acciaio efficacemente ancorati alle estremità di cordoli.

Possono usarsi solai in legno solo ove sia richiesto da particolari esigenze architettoniche.

*... questo dettaglio così prescrittivo, in vigore per circa 23 anni (dal 1986 al 2009), era però preceduto da queste altre disposizioni ...*

#### C.9.1.2. Intervento di miglioramento.

Si definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

È fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio.

#### C.9.2.2. Progetto esecutivo degli interventi di miglioramento.

Nel caso di interventi di miglioramento il progetto deve contenere la documentazione prescritta per gli interventi di adeguamento limitatamente alle opere interessate.

**Nella relazione tecnica deve essere dimostrato che gli interventi progettati non producano sostanziali modifiche nel comportamento strutturale globale dell'edificio.**